

**T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**POTASYUM SİLİKAT VE AZOT UYGULAMALARININ JAPON
ÇİMİNİN (*Zoysia japonica* Steud.) ÇİM PERFORMANSINA
ETKİLERİ**

Mert ÇAKIR

**Danışman
Doç. Dr. Şirin DÖNMEZ**

**II. Danışman
Doç. Dr. Songül SEVER MUTLU**

**DOKTORA TEZİ
PEYZAJ MİMARLIĞI ANA BİLİM DALI
ISPARTA - 2020**



© 2020 [Mert ÇAKIR]

TEZ ONAYI

Mert ÇAKIR tarafından hazırlanan "Potasyum Silikat ve Azot Uygulamalarının Japon Çiminin (*Zoysia japonica* Steud.) Çim Performansına Etkileri" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri üyeleri önünde Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı Ana Bilim Dalı'nda DOKTORA TEZİ olarak başarı ile savunulmuştur.

Danışman

Doç. Dr. Şirin DÖNMEZ
Süleyman Demirel Üniversitesi

Jüri Üyesi

Prof. Dr. Atila GÜL
Süleyman Demirel Üniversitesi

Jüri Üyesi

Prof. Dr. Cahit BALABANLI
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi

Jüri Üyesi

Dr. Öğr. Üyesi Kamil ERKEN
Bursa Teknik Üniversitesi

Jüri Üyesi

Dr. Öğr. Üyesi Ceren SELİM
Akdeniz Üniversitesi

Enstitü Müdürü

Doç. Dr. Şule Sultan UĞUR

TAAHHÜTNAME

Bu tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.

Mert ÇAKIR

İÇİNDEKİLER

| | Sayfa |
|---|-------|
| İÇİNDEKİLER..... | i |
| ÖZET | iii |
| ABSTRACT | iv |
| TEŞEKKÜR..... | v |
| ŞEKİLLER DİZİNİ | vi |
| ÇİZELGELER DİZİNİ | vii |
| SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ..... | ix |
| 1. GİRİŞ..... | 1 |
| 2. KAYNAK ÖZETLERİ..... | 3 |
| 2.1. Japon Çiminin Taksonomisi..... | 4 |
| 2.2. Japon Çiminin Morfolojik Özellikleri, Çevresel Streslere Dayanımı, Genel Çim Karakteristikleri Açısından Değerlendirilmesi ve Kullanımı..... | 4 |
| 2.3. Çimlerde Gübreleme..... | 14 |
| 2.3.1. Bitkilerde azot gübrelemesi | 17 |
| 2.3.2. Bitkilerde potasyum gübrelemesi..... | 19 |
| 2.4. Silikon..... | 21 |
| 2.4.1. Toprakta silikon varlığı ve oluşumu | 23 |
| 2.4.2. Bitkilerde silikon alımı, taşınması ve içeriği..... | 26 |
| 2.4.3. Silikon kaynakları..... | 33 |
| 2.4.4. Silikon gübrelemesi ve kullanım alanları..... | 36 |
| 2.4.5. Silikonun kanıtlanmış faydaları | 39 |
| 3. MATERYAL VE METOT | 68 |
| 3.1. Deneme Alanı ve İklimsel Özellikleri | 68 |
| 3.2. Deneme Alanının Toprak Özellikleri..... | 69 |
| 3.3. Denemede Kullanılan Suyun Özellikleri | 70 |
| 3.4. Bitkisel Materyal ve Kullanılan Gübreler | 70 |
| 3.5. Deneme Deseni ve Gübre Uygulamaları | 71 |
| 3.5.1. Amonyum sülfat uygulaması..... | 74 |
| 3.5.2. Potasyum silikat uygulaması | 75 |
| 3.5.3. Potasyum sülfat uygulaması | 75 |
| 3.5.4. Uygulamaların yapılması..... | 75 |
| 3.6. Deneme Süresince Alınan Gözlem ve Ölçümler | 77 |
| 4. ARAŞTIRMA BULGULARI..... | 84 |
| 4.1. Çim Kalitesi | 84 |
| 4.2. Çim Rengi..... | 88 |
| 4.3. Çim Yoğunluğu..... | 92 |
| 4.4. Çim İndeks Değeri (NDVI) | 95 |
| 4.5. Klorofil İçeriği | 98 |
| 4.6. Dormansi Oranı | 102 |
| 4.7. İlkbaharda yeşillenme Oranı | 108 |
| 4.8. Çiçeklenme Yoğunluğu | 113 |
| 4.9. Yaprak Besin Elementi İçerikleri..... | 116 |
| 4.10. Kök ve Sürgünlere Ait Kuru Ağırlıklar | 126 |
| 5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR..... | 129 |
| 5.1. Tartışma | 129 |

| | |
|--------------------|-----|
| 5.1. Sonuçlar..... | 140 |
| KAYNAKLAR..... | 143 |
| ÖZGEÇMİŞ..... | 177 |



ÖZET

Doktora Tezi

POTASYUM SİLİKAT VE AZOT UYGULAMALARININ JAPON ÇİMİNİN (*Zoysia japonica* Steud.) ÇİM PERFORMANSINA ETKİLERİ

Mert ÇAKIR

Süleyman Demirel Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Peyzaj Mimarlığı Ana Bilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Şirin DÖNMEZ

II. Danışman: Doç. Dr. Songül SEVER MUTLU

Farklı oranlarda potasyum silikat (PS) ve azot (N) uygulamalarının Japon çiminin (*Zoysia japonica* Steud.) sonbahar-kış dönemi yeşil çim rengini koruyabilme ve genel çim performansı üzerine etkilerini belirlemek amacıyla 2017-2019 yılları arasında Antalya-Türkiye’de ardışık iki arazi denemesi gerçekleştirilmiştir. Bu maksatla; 3 farklı potasyum silikat oranı (0, 3 ve 6 ml/l), 3 farklı azot oranı (0, 2.5 ve 5 g/m²) ve 2 farklı (2 kere ve 3 kere) uygulama sayısı kullanılmıştır. Deneme, 3 tekerrürlü olarak 3x3x2 faktöriyel düzende tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme desenine göre kurulmuştur.

Bazı çim karakteristiklerinde olumlu etkiler olduğu gözlenmiştir. N+PS uygulamaları kalite, renk, çim yoğunluğu, çim indeks değeri, klorofil içeriği, ilkbaharda yeşillenme oranı ve kök kuru kuru ağırlığı değerlerini kontrole göre sırasıyla %51, %71, %38, %15, %48, %48 ve %123’e kadar artırmış, dormansi oranlarını %78’e kadar azaltmıştır. Uygulamalar bazı besin elementlerinin yaprak konsantrasyonlarını artırmış veya azaltmıştır. Tek başına PS uygulaması, genel çim performansına önemli bir fayda sağlamamıştır. N+PS uygulamaları ise Japon çiminin performansını artırmıştır. En erken yeşillenme ve daha kısa dormansi sürelerinin yüksek oranda N+PS uygulamalarında elde edilmesiyle bu uygulamaların kalite, renk ve kullanılabilirliği artırmada etkili olduğu kanaatine varılmıştır. Sonuçlar N+PS uygulamalarının sonbaharda daha geç dormansiye girme ve ilkbaharda daha erken yeşillenmeye neden olarak Japon çiminin dormansi süresini kısaltması nedeniyle, yeşil bir görünüm sağlamak için başvurulan ve pahalı bir uygulama olan üstten tohumlama (overseeding) işlemine alternatif olabileceğine işaret etmektedir. Dormansi süresinin kısaltılması ile Japon çiminin yeşil alanlarda kullanımının yaygınlaşacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: *Zoysia japonica*, Japon çimi, silikon, potasyum silikat, azot, çim bitkisi.

2020, 180 sayfa

ABSTRACT

Ph.D. Thesis

THE EFFECTS OF POTASSIUM SILICATE AND NITROGEN APPLICATIONS ON GRASS PERFORMANCE OF ZOYSIAGRASS (*Zoysia japonica* Steud.)

Mert ÇAKIR

Süleyman Demirel University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Landscape Architecture

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Şirin DÖNMEZ

Co-Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Songül SEVER MUTLU

Two consecutive field trials were carried out in Antalya-Turkey from 2017 to 2019 to investigate the effect of different potassium silicate (PS) and nitrogen (N) rates on fall-winter color retention and overall turfgrass performance of Zoysiagrass (*Zoysia japonica* Steud.). For this purpose, 3 potassium silicate rates (0, 3, and 6 ml/l), 3 N rates (0, 2.5, and 5 g/m²) and 2 application numbers (2 times and 3 times) were used. The trial was set up according to a randomized split-plot design in 3x3x2 factorial order with three replications.

Positive effects were observed in some turfgrass characteristics. N+PS applications increased quality, color, grass density, grass index value, chlorophyll content, spring green-up rate, and root dry weight up to 51%, 71%, 38%, 15%, 48%, 48%, and 123%, respectively and decreased dormancy rates up to 78% compared to control. Applications increased or decreased leaf concentrations of some nutrients. Alone PS applications did not significantly affect overall turfgrass performance. N+PS applications increased the performance of Zoysiagrass. It was concluded that high dose of N+PS applications were effective in increasing quality, color, and usability by obtaining the earliest spring green-up and shorter dormancy periods in these applications. The results indicate that N+PS applications may be an alternative to overseeding, which is an expensive application that is used to provide a green coverage, due to the shortening of the dormancy period of Zoysiagrass by inducing later dormancy in the fall and earlier spring green-up. It is thought that the use of Zoysiagrass in green areas will become widespread by the shortening of the dormancy period.

Keywords: *Zoysia japonica*, Zoysiagrass, silicon, potassium silicate, nitrogen, turfgrass.

2020, 180 pages

TEŞEKKÜR

Öncelikle çalışmam süresince bana her türlü destek ve olanağı sağlayan, bilgi, birikim ve tecrübesiyle çalışmama ışık tutan danışman hocam Doç. Dr. Şirin DÖNMEZ'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Yoğun akademik çalışmaları sırasında, II. danışmanım olmayı kabul edip benimle her türlü bilgiyi paylaşan, bu çalışmanın yürütülmesi için gerekli teknik altyapı ve ortamı sağlayan hocam Doç. Dr. Songül SEVER MUTLU'ya gönülden teşekkür ederim.

Doktora Tez İzleme Komitesi Üyeleri; Prof. Dr. Atila GÜL ve Dr. Öğr. Üyesi Ceren SELİM'e çalışmadaki yönlendirmeleri ve katkılarından dolayı çok teşekkür ederim.

Doktora Tez Savunma Jürisi Üyeleri; Prof. Dr. Cahit BALABANLI ve Dr. Öğr. Üyesi Kamil ERKEN'e katkı ve önerilerinden dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Arazi çalışmalarımı gerçekleştirmem süresince resmî izin ve her türlü desteği veren, bölüm ve ana bilim dalı başkanı hocalarım Doç. Dr. Murat AKTEN ve Prof. Dr. Mehmet TOPAY'a sonsuz teşekkürler.

Çalışma süreci boyunca, gerek fiziki olarak arazide, gerek ise manevi olarak yanımda olan arkadaşlarım Taceddin GÜLEÇ, Mahmut TUĞLUER ve Bahar SANCAR'a çok teşekkür ederim.

Tezimi maddi olarak, ÖYP06723-DR-16 no'lu proje ile destekleyen Süleyman Demirel Üniversitesi Öğretim Üyesi Yetiştirme Programı (ÖYP) Kurum Koordinasyon Birimi'ne ve FYL-2019-7005 no'lu proje ile destekleyen Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Yönetim Birimi'ne teşekkür ederim. Ayrıca, beni sabırla dinleyen ve resmî işlerde doğru bir şekilde yönlendiren ÖYP Kurum Koordinasyon Birimi, BAP Yönetim Birimi ve Fen Bilimleri Enstitüsü çalışanlarına gönülden teşekkür ederim.

Bu zorlu süreç sevgili ailemin sarsılmaz desteği olmadan asla başarılı olamazdı. En büyük teşekkür onlara.

Mert ÇAKIR
ISPARTA, 2020

ŞEKİLLER DİZİNİ

| | Sayfa |
|---|--------------|
| Şekil 2.1. Amerika’da bir parkta kullanılmış Japon çimi | 5 |
| Şekil 2.2. Japon çiminin genel morfolojisi. a) olgun çiçek, b) stolon, c) yaprak dilciği, d) yaprak tabanı, e) yaprak ucu, f) tam açılmış çiçek | 6 |
| Şekil 2.3. Japon çimi ile çim alan oluşturulmasında kullanılan temel yöntemler: a) rulo çim, b) stolon çelikleri, c) çim fideleri..... | 8 |
| Şekil 2.4. Dormant Japon çimi..... | 9 |
| Şekil 2.5. Silikon elementi | 22 |
| Şekil 2.6. Silikonun toprak çözeltilisinden bitki vasküler sistemi yoluyla yaprak uçlarına hareketinin gösterimi..... | 27 |
| Şekil 2.7. Bir bitki yaprağında kütikula ve epidermal hücreler arasındaki silikon birikintilerinin şeması | 41 |
| Şekil 3.1. Deneme alanı uydu görüntüsü | 68 |
| Şekil 3.2. Kültürel bakım uygulamaları | 72 |
| Şekil 3.3. Deneme parselleri | 73 |
| Şekil 3.4. Deneme parsellerinin oluşturulması | 76 |
| Şekil 3.5. Çim profil örnekleme aleti | 78 |
| Şekil 3.6. TCM 500 NDVI turf color meter | 79 |
| Şekil 3.7. FieldScout CM 1000 chlorophyll meter | 79 |
| Şekil 3.8. Bitki örneklerinin toplanması ve bitki analizleri | 81 |
| Şekil 3.9. Bitki örneklerinin alınması, topraktan arındırılması, etüvde kurutulması ve hassas terazide tartım işlemlerinin yapılması..... | 82 |
| Şekil 4.1. Uygulamalar sonucu çim kalitesinde gözlemlenen varyasyon. a) kış mevsimi, b) bahar mevsimi | 86 |
| Şekil 4.2. Çim kalite değerlerinin grafik gösterimi | 88 |
| Şekil 4.3. Uygulamalar sonucu çim renginde gözlemlenen varyasyon. a) kış mevsimi, b) bahar mevsimi | 90 |
| Şekil 4.4. Çim renk değerlerinin grafik gösterimi | 92 |
| Şekil 4.5. Çim kalıbı..... | 93 |
| Şekil 4.6. Çim yoğunluk değerlerinin grafik gösterimi..... | 95 |
| Şekil 4.7. TCM 500 NDVI ölçüm cihazı ile okuma yapılması..... | 96 |
| Şekil 4.8. Çim indeks değerlerinin grafik gösterimi | 98 |
| Şekil 4.9. Klorofil ölçüm cihazı ile okuma yapılması..... | 100 |
| Şekil 4.10. Klorofil içerik değerlerinin grafik gösterimi | 102 |
| Şekil 4.11. Uygulamalar sonucu dormansi oranlarında gözlemlenen varyasyon | 106 |
| Şekil 4.12. 2017 - 2018 dormansi oranlarının grafik gösterimi..... | 107 |
| Şekil 4.13. 2018 - 2019 dormansi oranlarının grafik gösterimi..... | 108 |
| Şekil 4.14. Uygulamalar sonucu ilkbaharda yeşillenme oranlarında gözlemlenen varyasyon | 110 |
| Şekil 4.15. 2018 yılı ilkbaharda yeşillenme oranlarının grafik gösterimi | 112 |
| Şekil 4.16. 2019 yılı ilkbaharda yeşillenme oranlarının grafik gösterimi | 113 |
| Şekil 4.17. Japon çimi çiçekleri..... | 114 |
| Şekil 4.18. Çiçeklenme yoğunluğu değerlerinin grafik gösterimi | 116 |

| | |
|--|-----|
| Şekil 4.19. Bitki yapraklarındaki N, P, K ve Si içeriği değerlerinin grafik gösterimi..... | 120 |
| Şekil 4.20. Bitki yapraklarındaki Ca, Mg ve Fe içeriği değerlerinin grafik gösterimi..... | 123 |
| Şekil 4.21. Bitki yapraklarındaki Cu, Zn ve Mn içeriği değerlerinin grafik gösterimi..... | 126 |
| Şekil 4.22. Kök ve sürgün kuru ağırlık değerlerinin grafik gösterimi | 128 |



ÇİZELGELER DİZİNİ

| | Sayfa |
|---|--------------|
| Çizelge 2.1. Farklı bitki türlerinin silikon (SiO ₂) konsantrasyonları | 32 |
| Çizelge 2.2. Gıda ürünlerindeki silikon konsantrasyonu | 33 |
| Çizelge 2.3. Toprak silikon içeriğini artırmak için kullanılan veya besin çözeltilerinde silikon içeren silikon kaynakları | 33 |
| Çizelge 3.1. Antalya'ya ait uzun yıllar (1930-2019) iklim verileri | 69 |
| Çizelge 3.2. Deneme alanının toprak özellikleri | 70 |
| Çizelge 3.3. Denemede kullanılan suyun özellikleri..... | 70 |
| Çizelge 3.4. Potasum silikat analiz raporu | 71 |
| Çizelge 3.5. Deneme deseni..... | 74 |
| Çizelge 3.6. Deneme uygulamaları..... | 77 |
| Çizelge 4.1. Çim kalite değerleri..... | 87 |
| Çizelge 4.2. Çim renk değerleri..... | 91 |
| Çizelge 4.3. Çim yoğunluk değerleri | 94 |
| Çizelge 4.4. Çim indeks değerleri..... | 97 |
| Çizelge 4.5. Klorofil içerik değerleri | 101 |
| Çizelge 4.6. Dormansi oranları | 105 |
| Çizelge 4.7. İlkbaharda yeşillenme oranları..... | 111 |
| Çizelge 4.8. Çiçeklenme yoğunluğu değerleri | 115 |
| Çizelge 4.9. Bitki yapraklarındaki N, P, K ve Si içeriği değerleri | 119 |
| Çizelge 4.10. Bitki yapraklarındaki Ca, Mg ve Fe içeriği değerleri | 122 |
| Çizelge 4.11. Bitki yapraklarındaki Cu, Zn ve Mn içeriği değerleri | 125 |
| Çizelge 4.12. Kök ve sürgünlere ait kuru ağırlık değerleri | 127 |
| Çizelge 5.1. Uygulamaların gözlemlenen parametrelerde istatistikî fark oluşturma durumu..... | 141 |

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

| | |
|-----------------|--|
| ' | Dakika |
| " | Saniye |
| % | Yüzde oran |
| / | Bölme işareti |
| < | küçüktür işareti |
| µM | Mikromolar |
| °C | Santigrad derece |
| A | Alan |
| AAPFCO | Amerikan Bitki Gıda Kontrol Yetkilileri Birliği |
| ABD | Amerika Birleşik Devletleri |
| Al | Alüminyum |
| ANOVA | Analaysis of variance |
| As | Arsenik |
| B | Bor |
| Ba | Baryum |
| Bé | Bome derecesi |
| Br | Brom |
| C | Karbon |
| Ca | Kalsiyum |
| Cl | Klor |
| cm | Santimetre |
| cm ³ | Santimetreküp |
| Cu | Bakır |
| cv. | Kültivar |
| dS | Desisiemens |
| EC | Elektriksel iletkenlik |
| FDA | Amerika Birleşik Devletleri Gıda ve İlaç Dairesi |
| Fe | Demir |
| g | Gram |
| Ge | Germanyum |
| H | Hidrojen |
| ha | Hektar |
| ISLAB | Isparta Toprak ve Bitki Analiz Laboratuvarı |
| K | Potasyum |
| kg | Kilogram |
| l | Litre |
| m ² | Metrekare |
| m ³ | Metreküp |
| Max | Maksimum |
| Mg | Magnezyum |
| mg | Miligram |
| min | Minimum |
| mm | Milimetre |
| mM | Milimolar |
| Mn | Mangan |
| Mo | Molibden |
| N | Azot |

| | |
|------|--|
| Na | Sodyum |
| NDVI | Normalized Difference Vegetation Index |
| Ni | Nikel |
| nm | Nanometre |
| ° | Derece |
| O | Oksijen |
| Ort | Ortalama |
| P | Fosfor |
| PEG | Polietilen glikol |
| pH | Hidrojen iyon konsantrasyonunun ters logaritması |
| Pot. | Potasyum sülfat |
| ppm | Milyonda bir |
| PS | Potasyum silikat |
| PVC | Polivinil klorür |
| Rb | Rubidyum |
| S | Kükürt |
| SD | Standart Sapma |
| Se | Selenyum |
| Si | Silikon |
| sp. | Tür |
| SPSS | Statistical Package for the Social Sciences |
| Sr | Strosinyum |
| t | Ton |
| Ti | Titanyum |
| Tmol | Teramol |
| UV | Ultraviyole |
| V | Vanadyum |
| Zn | Çinko |

1. GİRİŞ

Başarılı bir çim alan yönetimi, ekolojik şartlara uygun çim türü/çeşidi seçimi (Busey vd., 2003) ve uygun kültürel uygulamaların yapılmasıyla başlamaktadır. Bermuda çimi (*Cynodon dactylon*) Akdeniz ve Ege sahil bölgelerine adaptasyonu oldukça iyi olan ve en yaygın kullanılan bir çim türüdür (Sever Mutlu vd., 2011). Fakat Bermuda çiminin iyi bir gelişme ve büyüme gösterebilmesi için en az 6-8 saat tam güneşlenmeye ihtiyaç duyması ve soğuk toleransının çok zayıf olması sebebiyle özellikle geçiş iklim bölgelerinde gölge ve yarı gölge koşullara sahip alanlarda iyi performans sergileyememektedir. Bu tür alanlarda gölge toleransı nispeten daha iyi olan bazı serin iklim çim türlerinin dâhil edildiği karışımların bölgede yaygın olarak kullanıldığı görülmektedir (Sever Mutlu vd., 2011). Ancak Ege ve Akdeniz bölgelerinde, yaz aylarında yüksek sıcaklıklar serin iklim çim türlerini strese sokarak gelişimlerini engellemekte ve bu alanların her yıl yenilenmeleri gerekmektedir. Çim alanların her yıl yeniden tesis edilmesi ise yeşil alan bakım maliyetlerini önemli ölçüde artırmaktadır. Bu sebeple; peyzaj mimarlarının Türkiye’de sıcak iklim ve geçiş iklim koşullarında tesis edilen yeşil alanlarda, Bermuda çimine alternatif bir çim türü arayışına girdiği görülmektedir. Bilindiği gibi, ev bahçeleri veya atletik sahalar gibi farklı kullanım amaçları, iklim, toprak ve bakım şartlarına uygun bir dizi çim tür ve çeşitleri bulunmaktadır. Bu nedenle mevcut durum için en uygun tür/çeşitlerin seçilmesi önem arz etmektedir.

Japon çimi (*Zoysia japonica* Steud.) yüksek soğuk dayanımına sahip olması sebebiyle özellikle geçiş bölgelerinde önem kazanmaktadır. Bu bölgelerde Bermuda çiminin şiddetli soğuklarla baş edemediği için başarısız olduğu bilinmektedir. Bu noktada, gölge ve soğuk toleransı daha yüksek olan *Zoysia* cinsine ait türler Akdeniz ve geçiş iklim koşullarında park, bahçe, gibi genel kullanıma sahip çim alanlarla birlikte çim yüzeyli spor alanları gibi özel kullanıma sahip çim alanların tesisinde uygun çim türü arayışında olan sektör için önemli bir potansiyel sunmaktadır.

Sıkı bir çim dokusu oluşturan Japon çimi kuraklığa, basılmaya, yabancı ot istilasına, hastalık ve zararlılara karşı dayanıklı olması sebebiyle Türkiye’de yeni kullanım gören bir sıcak iklim çim türüdür. Sıcak iklim çim türleri arasında düşük sıcaklıklara en dayanıklı tür olan Japon çimi karasal iklim ile deniz iklimi arasında kalan geçiş iklimleri için de iyi bir seçimdir (Youngner, 1961; Brian vd., 1981; Reinert ve Engelke, 2001; White vd., 2001). Fakat dormansi süresinin uzun olması, bu türün yaygın kullanımını sınırlayan etkenlerden birisidir. Bu nedenle, Japon çimi ile oluşturulmuş çim alanların uzun süre yeşil kalmasını sağlayacak gübreleme programlarının belirlenmesiyle bu türün kullanımının yaygınlaştırılacağı düşünülmektedir.

Bitki büyümesi için zorunlu bir element olmamasına karşın, silikonun (silisyum; Si) bitki büyüme ve gelişimi üzerine faydaları olduğu bilinmektedir (Gong vd., 2005; Hattori vd., 2005). Silikonun yüksek yapılı bitkiler; özellikle de çimler için faydalı bir mineral element olduğu çeşitli çalışmalar neticesinde belirlenmiştir. Silikonun, bitkilerin tuzluluk (Liang vd., 2003), ultraviyole ışınlar (Shen vd., 2010; Fang vd., 2011), düşük (Epstein, 2009) ve yüksek sıcaklıklara (Hattori vd., 2005) tolerans gibi bitkilerin direnç mekanizmalarını arttırabileceği belirtilmiştir (Saud vd., 2014).

Tüm bu çalışmalardan yola çıkarak Japon çiminin sonbahar-kış dönemi yeşil renginin silikon gübrelemesi ile daha uzun süre korunabileceği düşünülmüştür. Bu çalışmanın amacı Akdeniz iklim şartları altında Japon çimi ile tesis edilen çim alanda silikon ve azot uygulamalarının sonbahar-kış dönemi yeşil rengini koruyabilme ve genel çim performansı üzerine etkisinin belirlenmesidir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Çin, Japonya, Kore, Avustralya ve Pasifik Adaları'nın dağlık bölgeleri, çayırları, nehir kenarları ve kıyı bölgelerinde doğal olarak yayılış gösteren *Zoysia* cinsine ait türler (Xie, 2015), verimsiz kumdan killi topraklara kadar çeşitli büyüme ortamlarında gelişim gösterebilmektedir (Tsuruta vd., 2011). 25-35 °C'de optimum büyüme gösteren *Zoysia* türleri tropik ve subtropik bölgelere uyum sağlayabilmektedir (Xie, 2015). Ancak, *Zoysia* türlerinin düşük büyüme hızı ve uzun tesis süreci, türün; ev bahçeleri, spor alanları ve golf sahalarında yaygın kullanımını sınırlamıştır (Richardson vd., 2003). Sıcak iklim çim bitkileri olan *Zoysia* cinsine ait türler, ilk kez 1895'te ABD'de piyasaya sürüldüğünden beri, mükemmel yıpranma toleransı, kışa dayanıklılık, oynanabilirlik ve genel çim kalitesi nedeniyle, geçiş bölgesi boyunca golf sahaları, ticari alanlar ve ev bahçelerindeki popüleritesini artırmaya devam etmektedir (Patton, 2009).

Adını Sloven botanikçi Karl von Zois'ten (1756-1799) alan *Zoysia* cinsi; 11 tür içermekte olup bu türlerin çim bitkisi olarak kullanımı; *Z. japonica*, *Z. matrella*, *Z. pacifica* türleri ve *Z. japonica* × *Z. matrella* ve *Z. japonica* × *Z. pacifica* hibritleriyle sınırlı kalmaktadır (Magni vd., 2017). Bu türler morfolojik açıdan farklılıklar göstermektedir. Örneğin; yaprak genişlikleri bakımından sıralama *Z. japonica* (>2.5 mm) > *Z. matrella* (1.5 - 2.5 mm) > *Z. pacifica* (<1.5 mm) şeklindedir (Patton vd., 2017). Morfolojik farklılıkların yanı sıra türlerin adaptasyonu da değişiklik göstermektedir. Örneğin; türlerin soğuk dayanımı *Z. japonica* > *Z. matrella* > *Z. pacifica* şeklindedir (Forbes, 1952; Patton ve Reicher, 2007). *Z. matrella*, *Z. japonica*'dan biraz daha iyi gölge toleransına sahiptir, ancak bu büyük ölçüde çeşitlere bağlıdır (Riffell vd., 1995; Trappe vd., 2011; Wherley vd., 2011). *Zoysia* cinsi içerisinde çim bitkisi olarak kullanılan diğer iki türe göre daha yavaş büyüme gösteren *Z. matrella*'nın tuzluluk ve böcek zararlarına karşı yüksek toleranslı olduğu bilinmektedir (Duble, 1989; Dunn vd., 1999; Patton, 2009). İnce yaprak tekstürü ve yüksek çim yoğunluğu ile en iyi çim kalitesine sahip olan *Z. pacifica* ise daha yavaş tesis olma hızına sahiptir (Irkörücü, 2018). *Zoysia* cinsi içerisinde en yaygın kullanılan tür olan *Z. japonica* ise (Patton vd., 2006), diğer iki türe göre daha hızlı tesis olabilme yeteneğine

sahiptir (Irkörücü, 2018). Soğuk dayanımı ve gölge toleransı da bu türlerin kullanımını büyük ölçüde etkilemektedir. *Z. matrella* ve *Z. pacifica*'ya göre daha kaba yaprak dokusuna sahip olan *Z. japonica* soğuklara karşı en dayanıklı olan *Zoysia* türüdür. Bu özelliği sebebiyle *Z. japonica* sadece sıcak iklim bölgeleri için değil, deniz iklimi ile karasal iklim arasında kalan geçiş iklim bölgelerinde de kullanılabilecek ideal bir çim bitkisi olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bilimsel adı *Zoysia japonica* Steud. olan türün sinonimi *Osterdamia japonica* (Steud.) Hitchc.'dir (Patton vd., 2017). Ülkemizde Japon çimi olarak bilinen tür İngilizce 'Zoysiagrass', 'Korean lawngrass' veya 'Japanese lawngrass' olarak adlandırılmaktadır.

2.1. Japon Çiminin Taksonomisi

Alan: Eukaryota

Âlem: Plantae

Şube: Spermatophyta

Alt şube: Angiospermae

Sınıf: Monocotyledonae

Takım: Cyperales

Familiya: *Poaceae (Gramineae)*

Cins: *Zoysia*

Tür: *Zoysia japonica*

2.2. Japon Çiminin Morfolojik Özellikleri, Çevresel Streslere Dayanımı, Genel Çim Karakteristikleri Açısından Değerlendirilmesi ve Kullanımı

Japon çimi tesis edildiği ortamda stolon ve rizomlarıyla yayılan çok yıllık bir sıcak iklim çim türüdür. Ilıman ve yarı-kurak iklimlere adaptasyon sağlamış olan tür, dünyanın birçok ülkesinde ince çim dokusu gerektirmeyen park, bahçe, çim yüzeyli spor alanları ve golf sahalarının 'rough' denilen kısa biçim gerektirmeyen kısımlarında yaygın olarak kullanılmaktadır (Şekil 2.1). Yoğun ve tek düze (üniform) büyüme gösteren Japon çimi, çeşitli toprak ve iklim

koşullarına da adapte olabilmektedir. Bu çim türü gölgeye ve tuz serpintilerine karşı da yüksek toleranslıdır. Japon çimi alana tesis edildikten sonra, yabancı ot gelişimini engelleyen sık dokulu ve kaliteli bir çim yüzeyi sağlamaktadır. Ayrıca, tam güneşli alanlardan kısmi güneşli alanlara kadar çeşitli ışık şartları altında da gelişim gösterebilmektedir (Higgins, 1998).



Şekil 2.1. Amerika’da bir parkta kullanılmış Japon çimi (Anonim, 2020a)

Yeni tesis edilen Japon çimi, biçilmeden kendi haline bırakıldığında yatay olarak yayılmak yerine, kümeler oluşturma eğiliminde olup, daha sonra stolon ve rizomlarıyla alanı kaplamaya başlamaktadır. Türün genel morfolojisine ait görüntüler Şekil 2.2’de sunulmuştur. Japon çiminde yaprak, tomurcuk içinde katlanmış yapıdadır. Üzerinde yüründüğünde fark edilebilecek sertlikte ve dik yaprak uçlarına sahiptir. Yaprak kını; yuvarlakça, kısmen yassı ve yarık, birbiri üzerine binen şeffaf kenarlı, boğaz kısmında küme halinde tüylüdür. Yakacık; kenarları 2 mm uzunluğunda ve tüylerle kaplıdır. Kulakçık yoktur. Yaprak ayası; 3-10 cm uzunluğunda, 2-6 mm genişliğinde, yassı, tabana yakın alt kesimde sert ve üzeri seyrek uzun tüylü, kenarları düz veya içeri kıvrıktır. Boğum araları 10 mm, anterler 1.5 mm uzunluğundadır. Çiçek sapları 5-15 cm, başakçık sapları 1.6-5.0 mm uzunluğunda, başakçıklar ana sap üzerinde karşılıklı dizilmiş, oval ve yassıdır. Başaklar 10-50 adet başakçık içermektedir. Başakçıklar; yaklaşık 3

mm uzunluğunda, 1.0-1.4 mm genişliğinde, tek çiçekli ve üst glume ve lemmadan oluşmaktadır. Üst glume derimsi, pürüzsüz; lemma ise kâğıt gibi olup glumeden biraz daha kısadır. Başakçıklar alt glume ve palea bulundurmazlar (Christians ve Engelke, 1994; Karagüzel, 2007; Tsuruta vd., 2011; Patton vd., 2017).



Şekil 2.2. Japon çiminin genel morfolojisi. a) olgun çiçek, b) stolon, c) yaprak dilciği, d) yaprak tabanı, e) yaprak ucu, f) tam açılmış çiçek

Japon çimi de diğer çimler gibi bir takım avantaj ve dezavantajlara sahiptir. Türün yavaş büyüme alışkanlığı göstermesi bu kategorilerin her ikisine de uymaktadır. Yavaş büyüme hızı nedeniyle, çim fideleriyle vejetatif olarak tesis edildiğinde alanı tam olarak kapatması için kullanılan fide sayısına bağlı olarak yaklaşık 2 yıla ihtiyaç duyulmaktadır. Genel bir kural olarak Japon çimi yılda

yaklaşık 15 cm yayılış göstermektedir. Yine yavaş büyüme alışkanlığından dolayı, yıpranma veya zarar sonrası kendini onarımı da yavaş olmaktadır (Higgins, 1998). Her ne kadar trafik toleransı Bermuda çimine benzer olsa da (Trappe vd., 2011), atletik alanlar için kullanımı, Bermuda çimi ile karşılaştırıldığında; kendini yavaş onarma hızı (Beard ve Beard, 2005) ve sıkışmış toprakları tolere edememesi nedeniyle sınırlı kalmaktadır. Buna karşın, yavaş büyüme alışkanlığı göstermesi sebebiyle Japon çimi diğer çim türlerine göre daha az biçime ihtiyaç duymasından dolayı sürdürülebilir bir çim türü olarak nitelendirilmektedir (Fry vd., 2008; Pompeiano vd., 2014). Düşük biçim ihtiyacına sahip olan türler daha az yakıt tüketimi ve iş gücü gerektirmektedir (Law vd., 2016). Benzer şekilde, Japon çimi daha az bitki büyüme düzenleyicisi ve daha az sıklıkta uygulamaya ihtiyaç duymaktadır.

Geçmişte, ticari tohum üretim eksikliği ve çok zayıf çimlenme ile sonuçlanan tohum dormansisi türün kullanımını sınırlayıcı faktörlerin arasında olmuştur (Forbes ve Ferguson, 1948). Bu faktörler günümüzde de bir sorun olmaya devam etmektedir. Bu nedenle, vejetatif çoğaltma yöntemleri türün yaygın olarak kullanılan tesis yöntemi olmaya devam etmektedir. Ayrıca, birkaç Japon çimi çeşidinin tohumu da mevcuttur (Patton vd., 2017). ABD'nin bazı eyaletlerinde Japon çimi tohumu üretilmesine rağmen, üretim diğer birçok çim türüne kıyasla çok düşük düzeydedir. Sınırlı tohum verimi, artan tüketici talebi için önemli bir engeldir. Düşük tohum verimi, kuruluş maliyetlerinin artmasına ve tüketiciler için tohum kullanılabilirliğinin azalmasına yol açmaktadır. Samudio (1996)'nun verilerine göre, yılda yaklaşık 112 kg/ha Japon çimi tohumu üretilmektedir. Yıllık 1624 kg/ha tohum üretimi olan İngiliz çimi (*Lolium perenne*) (de Francesco vd., 2002) veya 412-892 kg/ha tohum verimine sahip Bermuda çimi (Ahring vd., 1974) ile karşılaştırıldığında, Japon çimi tohum verimi nispeten düşüktür, bu özelliği de Japon çiminin tüketicilere ulaşabilirliğini azaltmaktadır (Patton vd., 2017).

Yüksek kuraklık ve mükemmel sıcaklık toleransına da sahip olan Japon çimi (Pompeiano vd., 2014), sıcak iklim çim türleri içinde düşük sıcaklıklara en dayanıklı olan türdür (Emmons, 2000). Serin iklim çim türlerine göre yabancı ot

istilas, basılma, hastalık ve zararlılara karşı yüksek toleranslı olması (Youngner, 1961; Brian vd., 1981; Reinert ve Engelke, 2001; White vd., 2001) türün tercih edilme sebeplerinden birkaçıdır.

Yoğun kentleşmenin olduğu kentlerde binalar arasında, gölge şartlarda kalmış ev bahçeleri ve parklar için yüksek potansiyele sahip olan Japon çimi, Türkiye’de yeterince tanınmamakla birlikte, peyzaj mimarlığı çalışmalarında yeni yeni kullanılmaktadır. Türün Türkiye’de tanınırlığının az olmasının sebepleri; ülkenin farklı iklim koşullarında bu türle çim alan tesis, bakım ve yönetimi üzerine yapılmış çalışmaların eksikliği (Temizel, 2016), Bermuda çimine göre daha yavaş büyüme-yayıma alışkanlığı göstermesi (Busey ve Myers, 1979; McCarty, 2001), yıpranma veya zarar sonrası kendini onarma yavaşlığı (Higgins, 1998), tohumlu çeşitlerin azlığı, tohum uygulamalarının vejetatif uygulamalara göre başarısızlığı nedeniyle vejetatif olarak (rulo çim, stolon çelikleri, çim fideleri) (Şekil 2.3) tesis edilmeleri gerekliliği, aktif yeşil rengin hava sıcaklığının düşmesiyle estetik olmayan saman rengine dönüşmesi ve kış aylarında fonksiyonunu kaybetmesi gibi özellikleridir.



Şekil 2.3. Japon çimi ile çim alan oluşturulmasında kullanılan temel yöntemler: a) rulo çim, b) stolon çelikleri, c) çim fideleri

Japon çiminin geçiş bölgelerinde sergilediği belirgin bir dezavantajı, büyümenin geçici olarak durması, ardından renk ve işlevsellik kaybına sebep olan kış dormansisidir (Pompeiano vd., 2014) (Şekil 2.4). Bilindiği gibi sıcak iklim çim türleri sonbahar/kış aylarında sıcaklıkların düşmesiyle birlikte gölge, trafik baskısı, bitki yaşı ve bakım olanaklarına bağlı olarak dormansiye girmektedir. Çim tür/çeşitleri kendi içerisinde dormansiye giriş zamanı ve dormanside kalma süresi bakımından varyasyon göstermektedir. Dormansi süresince çimler yeşil rengini kaybederek saman sarısı rengine dönüşmekte ve ilkbaharda

sıcaklıkların yükselmesiyle yeniden yeşil renge kavuşmaktadır. Estetik bozulma ve gelişmede durgunluğa sebep olan kış dormansisinin türün yaygın kullanımının önünde bir engel olmasına rağmen, Japon çiminin Akdeniz bölgeleri için mükemmel bir seçim olduğu belirtilmektedir (de Luca vd., 2008).



Şekil 2.4. Dormant Japon çimi

Japon çiminin yeşil renk kaybı, art arda 15 gün boyunca ortalama hava sıcaklığının 15 °C'nin altında seyretmesi, ardından yaklaşık 10 °C'nin altına düşmesi (Wei vd., 2008) ve toprak sıcaklığının 16 °C'nin altına düşmesini takiben sürgün büyümesinin sona ermesiyle başlamaktadır (Baltensperger, 1962). Özellikle Uzak Doğu'da kış aylarında bitki dormansideyken oluşturduğu altın sarısı rengi sebebiyle yer örtücü olarak sıklıkla kullanılmaktadır. Japon çimi, Güney Kore'de dikkat çekici kahverengimsi-sarı renk özelliği nedeniyle genellikle 'altın çim' olarak adlandırılmaktadır.

Japon çiminin kışın dormansiye girmesi Türkiye'de Ege ve Akdeniz Bölgeleri'nde yeşil alanlarda kullanımını kısıtlı hale getiren en önemli etkenlerdendir. Birçok kamu parkı ve spor alanı yoğun rekreasyonel trafik baskısı altındadır. Özellikle yıl boyu aktif kullanım gören spor alanlarında güvenli oyun şartlarının sağlanması için sonbahar ve kış aylarında aktif çim örtüsünün korunması gerekmektedir. Bu sebeple, sıcak iklim çim bölgelerinde Japon çimi ile tesis edilen çim alanların sonbahar ve kış aylarında yeşil rengini muhafaza edebilmesi için birtakım uygulamalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Özellikle ABD’de 1970’li yıllarda özel renklendirici boyalar ile dormant çimler boyanmış ve böylece bitkilerin yeşil görünmesi sağlanmaya çalışılmıştır. Fakat bu yöntem spor alanlarında oynanabilirliği artıramadığı ve doğal yeşil rengin sağlanamadığı için fazla rağbet görmemiştir. Ayrıca, sıcak iklim çim türlerinin uykuda olduğu dönemlerde, çim kalitesi, renk, yeşil örtü ve oynanabilirliği artırmak amacıyla geçici bir serin iklim çim türü ile üstten tohumlama (overseeding) yapıldığı da bilinmektedir. Bu uygulamanın başarısı, uygun sonbahar ekimine ve ilkbahar geçişine dayanmaktadır. Serin iklim çiminin sonbaharda başarılı bir şekilde tesisinden sonra genellikle Japon çiminin dormansi sonrası yeniden yeşillenmesinde zorluklar yaşanmaktadır. Bunun en olası nedenleri; üstten tohumlama sonucu kanopinin bozulması, allelopatik etkiler veya bitkilerin ışık ve besin açısından rekabetidir. Bu sebeple Japon çiminde üstten tohumlama çok fazla başarıya ulaşamamıştır (Hurley vd., 1989; Razmjoo vd., 1996; Longer, 1999; Zhang vd., 2008). Ayrıca, üstten tohumlama işlemi her yıl tekrar edilmesi gerektiği için yüksek maliyet ve iş gücü gerektiren bir uygulamadır. Ek olarak, üstten tohumlama yapıldıktan sonra belirli bir süre çim sahaların fonksiyonel olarak kullanılamaması çim alan yöneticilerini farklı yaklaşım arayışına itmektedir.

Geçiş bölgelerinde, ilkbaharda yeşillenmeden önce Japon çiminin kısa biçilmesi daha hızlı yeşillenmeyi teşvik etmekte ve yüzeyin fonksiyonel kalitesini artırmaktadır (Hawes, 1979). Ayrıca, gölgeli bir ortamda yetişen Japon çiminin, güneş ışığı altında yetişenlere göre daha iyi kış rengi sergilediği gözlenmiştir (Kurtz, 1985). Ek olarak, yeni tesis edilen çimler genellikle daha yüksek kış rengini koruma kabiliyetine sahip olmaktadır (Sifers vd., 1992).

Sıcak iklim çimlerinin kök sistemleri, bitki yaprak dokusu uykuya girdikten sonra yaklaşık 30 gün boyunca aktif kalmaktadır (Beard, 1982). Bitki besin elementlerinin alımı, sıcaklıkların düşmesiyle azalmasına rağmen bitki büyümesinin durmasının ilk aşamalarında hâlâ devam etmektedir. Bu sebeple, sıcak iklim çim türlerinin dormansi süresini azaltabilmek için sonbahar gübrelemesi ve kış yönetimi ile ilgili çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Soğuk dayanımını artırmak ve depolanan karbonhidratları korumak için yapılan bu

uygulamaların sıcak iklim çimleri üzerindeki etkilerine ilişkin çelişkili raporlar olduğu bilinmektedir (Beard, 1973). Bugüne kadar, geç sonbahar gübreleme programlarının farklı bölgeler ve iklimlerde başarısı değişiklik gösterdiği için görüş ayrılıkları olmuştur. Geç sonbaharda azot gübrelemesi, ilkbaharda çimin koyu yeşil rengi ve gelişmiş kök büyümesi için sıklıkla uygulanmaktadır. Sıcak iklim çim türlerinin azot kaynağına genellikle olumlu yanıt verdiği bilinmektedir. Ancak sonbahar boyunca uygulanan yüksek azot gübreleme oranları (245 kg/ha) geçiş bölgelerinde büyüyen Japon çimi için zararlı olabilmektedir (Dunn vd., 1993). Azotun, Japon çiminin özellikle tesis sırasında (Richardson ve Boyd, 2001) bitki büyümesini önemli ölçüde etkilediği belirtilmiştir (Patton vd., 2010). Yapılan çalışmalar, Bermuda çimine sezon sonu azot uygulamasının soğuk toleransını etkilemeden kışın renk korumayı teşvik edebileceğini ve ilkbaharda yeşillenmeyi artırabileceğini göstermiştir (Richardson, 2002; Munshaw vd., 2006). Sezon sonu azot veya demir uygulaması, Japon çiminin geç sonbaharda renk korumayı artırmak veya erken ilkbaharda yeşillenmesini sağlamak amacıyla kullanılmıştır (Dunn vd., 1993; Gibeault vd., 1997; Volterrani vd., 2010). Dunn vd. (1993) Japon çiminin sezon sonu azot uygulamasına ilkbaharda erken yeşillenmeyi teşvik etmeden sonbahar rengini uzatarak yanıt verebileceğini belirtmiştir. Sonbaharda yapılan N gübrelemesi, *Z. japonica* 'Meyer'de kış zararına neden olmamış, ancak uygulama sonucu *Z. japonica* 'FZ-102'de ilkbaharda daha yavaş yeşillenme ve yine ilkbaharda kahverengi yama hastalığı oluşumu gözlenmiştir. *Z. matrella* 'Zeon'a geç azot uygulamasının, düşük sıcaklığa bağlı renk değişikliğinin geciktirilmesinde etkili olduğu kanıtlanmıştır. Ancak uygulama tarihi baharda yeşillenmeyi geciktirmek için potansiyel bir risk olarak bulunmuştur (Volterrani vd., 2010). Kırkayak çiminin (*Eremochloa ophiuroides* (Munro) Hack.) soğuk toleransı sonbaharda 196 kg/ha oranında uygulanan azot ile artırılmıştır (Palmertree vd., 1974).

2009 ve 2010 yıllarında İtalya'da Pompeiano vd. (2014) Japon çiminin kışın yeşil rengi koruma ve baharda yeniden yeşillenme durumlarını belirlemek için bir saha denemesi gerçekleştirmişlerdir. Bu maksatla; *Z. japonica*'nın 5 çeşidi (De Anza, El Toro, Victoria, Meyer ve Zenith), ince tekstürlü Japon çimi

türlerinden *Z. matrella*'nın 2 çeşidi (Zeon ve DALZ 0101), *Z. japonica* x *Z. pacifica*'nın türler arası 2 melezi (Emerald ve HT 210) ve *Z. pacifica* kullanılmıştır. Özellikle *Z. matrella* çeşitlerinin dormansiye daha hızlı giren *Z. japonica* çeşitlerine kıyasla kış renginin belirgin bir şekilde daha iyi olduğu belirtilmiştir. Öte yandan; *Z. japonica* çeşitlerinin ilkbaharda yeniden yeşillenmesi *Z. matrella* çeşitlerine kıyasla daha erken olmuştur. Kış dormansisi üzerindeki genel etkinin çeşitlere özgü olduğu belirtilmiştir. *Z. japonica* çeşitlerinden Zenith ve Meyer'de erken yeşillenmeye rastlanırken, sonbaharda yeşil rengin korunabilmesi De Anza, El Toro ve Victoria'da daha iyi olmuştur. El Toro çeşidi en kısa dormansi periyoduna sahip olan *Z. japonica* çeşidi olmuştur. Emerald ve Zeon ise baharda en erken yeniden yeşillenme gösteren çeşitler olmuştur.

2011-2012 yıllarında İtalya'da yapılan bir saha denemesinde, Pompeiano vd. (2015) Japon çiminde kış aylarında renk kaybı ve ilişkili fizyolojik modifikasyonları araştırmışlardır. Bu amaçla, *Z. japonica*'nın 2 çeşidi (El Toro ve Meyer) ve 2 farklı ince tekstürlü genotip (Zeon ve *Z. pacifica*) kışın yeşil rengini koruma ve ilkbaharda yeniden yeşillenme gibi kontrast performanslar için seçilmiştir. Beklendiği gibi; Japon çimleri, ince tekstürlü *Zoysia* genotiplerine kıyasla daha zayıf renk koruma, daha hızlı yeşillenme ve daha uzun dormansi süresi sergilemiştir.

Kışın renini korumayı artırmak için, azotun geç sonbaharda *Z. matrella*'ya uygulaması Volterrani vd. (2010) tarafından da incelenmiştir. Sonuçlar, Ekim ayında farklı tarihlerde gerçekleştirilen 20 g/m²'lik azot uygulamasının aralık ayının üçüncü haftasına kadar kabul edilebilir bir renk sağladığını göstermiştir. Ekim ayının son haftasında yapılan uygulama ile pozitif etki ocak ayına kadar uzatılmıştır. Bununla birlikte, azot uygulamasının Kasım ayının ilk haftasına ertelenmesi, kış renklerinde küçük bir artışa ve baharda azalan yeniden yeşillenmeye neden olmuştur.

Kışın düşük sıcaklıklarda çim bitkilerinin sürgün ve kök oluşumunda görev yapan taç bölgelerinin (crown) korunması önem arz etmektedir. Çimlerin taç

bölgelerini korumak amacıyla çeşitli kaplama ve örtü malzemeleri kullanılmaktadır. Roberts (1986) *Agrostis stolonifera* (stolonlu tavusotu) üzerinde polyester, polipropilen ve çam ibresi örtülerinin kış dormansisini azalttığını ve polyesterin bitkilerin ilkbaharda yeşillenmesini artırdığını belirtmiştir. Tapp vd. (1988) Bermuda çimi üzerinde saman, polipropilen veya polyester örtüleri kullanmış ve üzeri örtülen bitkilerin kontrole kıyasla daha iyi çim kalitesi ve daha fazla ilkbaharda yeşillenmeye sahip olduğunu belirtmişlerdir. Oh vd. (2015) yaptıkları bir çalışmada, Japon çimine geç sonbaharda azot uygulaması (5 ve 10 g/m² N) ve çimin üzerine polivinil klorür (PVC) örtüsü çekilmesinin ilkbaharda yeşillenmeye etkilerini değerlendirmişlerdir. PVC ile kaplanan Japon çimi erken ilkbaharda kontrole göre daha iyi kalite ve renk değerlerine sahip olmuştur. 10 g/m² N uygulaması, 5 g/m² N uygulamasına göre genellikle 0,6-2,3 kat daha yüksek çim kalitesine sahip olmuştur. Ayrıca, sonbaharda yüksek oranda uygulanan azotun Japon çiminin ilkbaharda daha erken yeşillenmeyi sağladığı belirtilmiştir. PVC ile kaplanan parsellerin kontrollere göre daha fazla kök ve yaprak uzunluğuna sahip olduğu belirtilmiştir. Yazarlar bu çalışma sonucunda PVC ile kaplama uygulamasının, Japon çiminin dormansi süresini azaltabileceğini, çimin büyümesini artırmak suretiyle kaliteyi artırabileceğini ve baharda erken yeşillenmeyi teşvik edebileceğini belirtmişlerdir.

Yukarıda bahsedilen çalışmaların dışında Japon çimi ile ilgili daha önce yapılan çalışmalar genellikle bitkilerin kuraklık ve tuzluluğa dayanımı gibi çeşitli biyotik ve abiyotik streslere ilişkindir. Türkiye’de yürütülen çalışmalar da daha ziyade bu türün kuraklık dayanımlarının, Türkiye’ye adaptasyonunun belirlenmesi ve çim alan tesisinde en uygun ekim/dikim zamanı ve dikim sıklığının belirlenmesi ile sınırlı kalmıştır (Geren vd., 2009; Sever Mutlu vd., 2011; Temizel, 2014). Ayrıca Sever Mutlu vd. (2012) Antalya’da yaptıkları çalışmada bir bitki büyüme düzenleyicisi olan trinexapacethyl uygulamasının bitkilerin sonbahar ve kış performansına etkilerini belirlemişlerdir.

Birçok laboratuvar, sera ve arazi denemesi, silikonun bitki hastalık ve zararlıları gibi biyotik stresleri ve tuzluluk, kuraklık, ağır metal toksisitesi, besin

dengesizliği, yüksek radyasyon, yüksek sıcaklık, yıpranma ve donma gibi abiyotik stresleri hafifletme potansiyeline sahip olduğunu göstermiştir (Van Bockhaven vd., 2013; Zhu ve Gong, 2014). Silikon uygulamasının, bitkilerde düşük sıcaklık stresini hafifletmek için alternatif bir yaklaşım olduğu dűřünülmektedir. Bu alışma kapsamında, Japon imi ile tesis edilmiş alanlarda yapılacak azot ve silikon gűbrelemelerinin çim alanların űstten tohumlama ihtiyacını ortadan kaldırması, bitkilerin aktif yeşil rengi koruması ve genel çim performansını artırması beklenmektedir.

2.3. imlerde Gűbreleme

Sađlıklı im alanlar kullanıcılara estetik gűrűnűm, rekreasyon imkânı ve çeřitli çevresel faydalar sađlamaktadır. Sađlıklı bir çim alan oluřturmak ve sűrdűrebilmek sulama, biçim ve gűbreleme gibi bazı ۆnemli kűltűrel yűnetim uygulamalarının dikkatli bir řekilde uygulanmasıyla műmkűn olabilmektedir (Bigelow vd., 2013). Toprak, sađlıklı bitki bűyűme ve geliřimi için gerekli olan besin elementlerinin çođunu sađlayan canlı bir ortamdır (Meentemeyer ve Whitlark, 2016). Bitkilerin azot, fosfor ve potasyum talepleri genellikle bu elementlerin toprak konsantrasyonlarından daha yűksek olmaktadır. Bu nedenle, çim bitkilerinin kendilerinden beklenen fonksiyonları yerine getirebilmeleri için mutlak gerekli bitki besin elementlerini sađlamak űzere dıřarıdan gűbreleme yapılması gerekmektedir.

Yanlıř uygulama teknikleri veya yanlıř zamanda ařırı miktarda gűbre uygulaması çimin ciddi řekilde zarar gűrmesine ve su kaynaklarının kirlenmesine neden olabilmektedir. Bařarılı im gűbrelemesi, çimin gűbreleme gereksinimlerini, ne kadar ve ne zaman gűbre uygulanacađını bilmeyi, gűbreleri tanımayı ve uygun uygulama tekniklerini kullanmayı gerektirmektedir (Landschoot, 2017). imlerin gűbrenmesi; bitki yođunluđu ve canlılıđını korumakta, yeřil rengi artırmakta, bűyűmeyi teřvik etmekte, çim hasarı ve mevsimsel çim streslerinden sonra yenilenmeyi hızlandırmaktadır. Uygun gűbrenmiř çimler; sıcaklık, kuraklık ve sođuk gibi stresleri daha iyi tolere edebilmektedir. Dođru gűbreyi dođru zamanda uygulamak, çim bitkilerinin

büyüme ve gelişme için kullanılan temel şekerler ve karbonhidratları biriktirmesine ve depolamasına da yardımcı olmaktadır. Ayrıca; yoğun, sağlıklı ve uygun gübrelenmiş çimler, yabancı otları, hastalıkları ve böcekleri yönetmek için daha az kimyasal ilaç gerektirmektedir. Periyodik gübreleme alan çimler, su akışını ve potansiyel toprak kayıplarını önemli ölçüde azaltarak su kalitesinin korunmasına da yardımcı olmaktadır (Bigelow vd., 2013). Gübrelenmeyen çimler ise yavaş yavaş yoğunluğunu kaybederek ortamdan uzaklaşmaktadır. Bu olay ise istenmeyen çimleri ve yabancı otları ortaya çıkarmakta ve toprak erozyonu riskini artırmaktadır. Yetersiz gübrelenen çimler hastalıklardan ve böceklerden zarar görmeye daha yatkın olup gözlenen hasarlar daha belirgin olmakta ve iyileşme süreci daha uzun olmaktadır.

Toprakta bulunan elementler bitki büyümesini etkileyen en önemli faktörlerdendir. Bitkiler yaşamsal faaliyetlerini sürdürmek, büyüme ve gelişim gösterebilmek ve ürün verebilmek için yetişme ortamlarından sayısı yaklaşık 74 olan besin elementlerinden almaktadırlar. Fakat bu elementlerin sadece bir kısmı bitkiler için mutlak gerekli besin elementidir (Aktaş, 2004). Besin elementleri; faydalı, mutlak gerekli ve toksik olmak üzere üç gruba ayrılabilir (Bienert vd., 2008). Toksik elementler bitki büyümesini olumsuz yönde etkilemektedir. Mutlak gerekli elementler farklı büyüme koşullarında tüm bitkiler için önemli roller oynarken, bitkilerin normal bir büyüme ve gelişme gösterebilmesi için mutlaka gereklidir. Faydalı elementler ise belirli büyüme koşullarında yetişen bazı spesifik bitki türlerinin büyüme ve gelişmesi açısından faydalar sağlamaktadır (Sahebi vd., 2015).

Tüm bitkiler normal büyüme-gelişme ve kaliteli görünüm için en az 16 besin elementine ihtiyaç duymaktadır. Bitkiler için bu 16 elementten 9'u (karbon (C), hidrojen (H), oksijen (O), azot (N), fosfor (P), potasyum (K), kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg) ve kükürt (S)) büyük miktarlarda gereklidir, bu elementlere makro besin elementi adı verilmektedir. Diğer 7 besin elementine (demir (Fe), mangan (Mn), çinko (Zn), bor (B), bakır (Cu), molibden (Mo) ve klor (Cl)) ise daha az miktarlarda ihtiyaç duyulmaktadır. Bu elementler ise mikro besin elementi olarak adlandırılmaktadır. Organik maddede bulunan temel elementler

olan C, H ve O hariç diğer tüm elementler topraktan elde edilmektedir. Bu elementler karbon dioksit (CO₂) ve sudan (H₂O) türetildikleri için çim alanlarda hiçbir zaman eksiklik göstermemektedir (Landschoot, 2017). Bu sebeple, bitki besleme uzmanları ve bitki fizyologları diğer 13 temel elementin yönetimine odaklanmaktadır (Savant vd., 1997a). Bu elementler, herhangi birinin eksikliğinin fizyolojik bitki fonksiyonunu olumsuz etkilediği, dolayısıyla anormal büyümenin ve/veya eksik bir yaşam döngüsünün oluştuğu için mutlak gerekli olarak kabul edilmektedirler. Fizyolojik bakımdan mikro elementlerin önemi, makro elementlerden daha az değildir. Çünkü tüm diğer besin elementleri yeterli miktarda bulunmasına rağmen, tek bir mikro besin elementinin noksanlığı bile bitkinin gelişmesinin durmasına veya bitkinin verimlilik düşüşüne sebep olabilmektedir (Çetinsoy ve Yıldız Daşgan, 2016).

Toprak gübrelmesi, çimin fizyolojik durumu, çim ekolojisi ve topraktaki koşullar üzerinde büyük etkisi olan bir yönetim aracıdır. Herhangi bir gübreleme programının başarısı, azot, fosfor ve potasyumun doğru kullanımına bağlıdır. Bu besin maddelerinin doğru kullanımı sağlıklı çim gelişimi için çok önemlidir. Fosfor ve potasyum, genellikle azottan daha az dikkate alınmaktadır. Ancak bu iki element azottan daha az önemli değildir. Bu elementlerin eksiklikleri, fazlalıkları veya dengesizlikleri hem bitki hem de toprak içinde çeşitli etkilere neden olabilmektedir (Carrow ve Rieke, 1972).

N, P ve K birincil bitki besin elementi olarak adlandırılmaktadır. Bir gübrede eğer bu üç element de mevcutsa, bu gübre kompoze gübre olarak adlandırılmaktadır. Birçok yaygın ticari kompoze gübre 16-4-8 veya 20-20-20 isimleriyle bilinmektedir. Tam bir gübre çeşitli oranlarda N, P ve K içermektedir. Sayılar bu besinlerin her birinin yüzdesini göstermektedir. Örneğin; 16-4-8 gübresi, %16 toplam N, P₂O₅ olarak %4 kullanılabilir P ve K₂O olarak %8 çözünür K içermektedir. Gübreler birincil elementlerin yanı sıra; Ca, Mg, S, Mn, Zn, Cu, Fe ve Mo gibi ikincil besin elementlerini de içerebilmektedir (Shaddox, 1991).

2.3.1. Bitkilerde azot gübrelemesi

Bitki kuru ağırlığının %1.5-5'ini meydana getiren azot, miktar olarak çok düşük bir oranda bulunmasına rağmen yapısına katıldığı organik bileşiklerin, bitki hayatı ve biyokimyasal olaylardaki rolünden dolayı temel besin elementlerinin başında gelmektedir (Konaş, 2019). Azot; amino asitler, nükleotitler, nükleik asitler, hormonlar ve klorofilin bileşenidir (Marschner, 1995). Çim kültürü için en önemli besin elementi olan azot; koyu yeşil renk, sürgün yoğunluğu, verim, büyüme parametreleri, yüksek ve düşük sıcaklık stresi, yıpranma toleransı, kendini onarma kabiliyeti, keçe tabakası birikimi, karbonhidrat rezervleri ve ilkbaharda yeniden yeşillenme üzerinde büyük önem arz etmektedir (Snyder vd., 1984; Carrow vd., 2001; Rodriguez vd., 2001). Örneğin; geç sonbaharda Bermuda çimine azotlu gübre uygulanması, sonbaharda yeşil kalma süresini uzatabilmekte ve bir sonraki ilkbaharda kış hasarı olmadan yeşillenmeyi hızlandırabilmektedir (Reeves vd., 1970; Goatley vd., 1994; Richardson, 2002; Munshaw vd., 2006; Goldsby ve Keeley, 2009; Rimi vd., 2013).

Azot toprakta çok hareketlidir, bu özelliği sebebiyle azot süzülme ve diğer kayıp türlerine maruz kalmaktadır. Bu sebeple, azot çimlerde eksik olma olasılığı en yüksek olan besin elementidir ve belirli aralıklarla azot gübrelemesi yapılmaktadır (Savoy, 2010). Bununla birlikte, çimlere sadece renk için azot verilirse, gereğinden fazla azot uygulanabilir. Yüksek miktarda azot, çimlerin aşırı sıcaklıklara, trafiğe, kuraklığa ve hastalıklara karşı toleransını azaltma potansiyeline sahiptir. Ayrıca, sıcak ve kurak koşullar sırasında yüksek miktarda azot, bitki yanmasına da neden olabilmektedir. Azot eksikliği olan çimler ise sarımsı ile açık yeşil renkte görünmekte, yavaş büyümekte ve daha az yoğunluğa sahip olmaktadır. Bu durum, yabancı ot büyümesinin artmasına ve bazı hastalıklara daha fazla duyarlılık ile sonuçlanmaktadır (Savoy, 2010). Sıcak iklim çim bitkilerinin büyüme dönemlerinde haftalık 4.9 g/m² N hızlı çim büyümesini teşvik etmek, sulamadan kaynaklanan süzülme kaybının (Snyder vd., 1977), azalan katyon değişim kapasitesinin ve seyrek çim örtüsünün (Rodriguez vd., 2001; White, 2003) üstesinden gelmek için çimlere uygulanmaktadır.

Azotlu gübreler hızlı salınımlı formda, yavaş salınımlı formda ve her ikisinin karışımı şeklinde bulunmaktadır. Hızlı salınımlı azot kaynakları suda kolayca çözünür ve bitki için hemen kullanılabilir formdadır. Uygulamaları ve çimdeki görsel tepki arasındaki aralık nispeten kısadır (3-5 gün). Yavaş salınımlı kaynaklar daha düşük hızla çözünmekte ve birkaç gün ila birkaç ay arasında parçalanmaktadır. Hızlı salınan azot gübreleri serin iklim çimlerinin erken ilkbaharda gübrenmesi için daha cazip olabilmektedir. Çünkü genellikle düşük sıcaklıklarda yavaş salınan kaynaklara göre daha iyi tepki vermektedirler. Hızlı salınan gübreler, kuru ve sıvı uygulamalar için uygundur. Yavaş salınan azot çimlerinin düzgün beslenmesini sağlamakta ve kısa süreli aşırı büyümeyi ortadan kaldırmaktadır. Yavaş salınan azot yanma tehlikesi olmadan tek bir uygulamada daha yüksek oranlarda uygulanabilmektedir (Savoy, 2010).

Genellikle çim bitkilerine azotlu gübrelerin diğer besin elementlerine göre daha yüksek oranda ve daha sık uygulanmasını gerektirmektedir. Çoğu durumda, uygulanan azotun yıkanma potansiyelini azaltmak için yavaş salınımlı azot kaynakları kullanılmaktadır. İstenen büyüme ve renk tepkisini elde etmek için, çim sahalarda kullanım için çözünür ve yavaş salınımlı azot kaynaklarının karışımı önerilmektedir (Shaddox, 1991). Yavaş salınımlı azot kaynakları, kaba dokulu topraklarda daha az süzülme kaybı sebebiyle kaliteli çim örtüsü sağlayabilmekte (Brown vd., 1977; Snyder vd., 1980; Petrovic, 2004) ve daha az sıklıkta daha az azot uygulanmasına olanak sağlamaktadır (Brown vd., 1982; Sartain vd., 1999).

Patton vd. (2010), Arkansas'ta 3 farklı *Z. japonica* çeşidinin çim kalitesinin yıllık 98 kg/ha veya daha az azot uygulandığında en yüksek olduğunu ve çim kalitesinin hiçbir zaman kabul edilemez (1-9 skalasında çim kalitesi <6) olmadığını belirtmiştir. Trappe ve Patton (2013) da, N kaynağından bağımsız olarak, *Z. japonica* çeşitleri olan Meyer ve Cavalier'in yıllık 98 kg/ha N uygulandığında kabul edilebilir çim kalitesi sağladığını bildirmiştir. Büyüme mevsiminin daha uzun olduğu Teksas'ta, Kenworthy ve Engelke (1999) yıllık 98 ila 195 kg/ha N 'fairway' biçme yüksekliğinde en yüksek kalitede çim ürettiğini bildirmiştir. Benzer sonuçlar Florida'da, Schwartz (2008) tarafından da

bildirilmiştir. Güney Carolina'da Hale (2006), yıllık 146 kg/ha'dan fazla azot alan *Z. matrella* çeşitlerinin aşırı keçe birikimi olduğunu bildirmiştir. Ayrıca Schwartz (2008), aşırı azot uygulandığında *Bipolaris* yaprak lekesinin (*Bipolaris spicifera*) arttığını bildirmiştir. Murray ve Morris (1988)'in *Z. japonica*'nın diğer çimlerin çoğundan daha düşük bakım seviyesinde yüksek kaliteli bir çim sağlayacağını belirtmiştir.

Duble (1989), *Paspalum vaginatum* (tuzcul yalancıları) ile tesis edilmiş golf sahalarının 'fairway' ve 'tee' bölümleri ve atletik alanlar için yılda 10-20 g/m² N önermiştir. Bermuda çimi hakkında yayınlanan veriler, *Paspalum vaginatum*'dan daha yüksek azot oranları gerektirdiğini göstermektedir. Örneğin; Beard (2002) *Cynodon sp.* ile tesis edilmiş fairway'ler için yılda 20-40 g/m² N uygulama oranları bildirmiştir. *Cynodon sp.* ile tesis edilmiş greenleri veya atletik alanlar, aktif büyüme aylarında 9.8 g/m²'ye kadar azot gübreleme oranları gerektirebilmektedir (McCarty ve Miller, 2002).

2.3.2. Bitkilerde potasyum gübrelemesi

Potasyum; yoğun trafik alan, kısa biçim ve yüksek bakım gerektiren ve çimlerin çevre ve yıpranma stresine eğilimli olduğu rekreasyonel çim sahalarında özellikle önem arz etmektedir. Çimde potasyum gübrelemesi yüksek sıcaklık, düşük sıcaklık, kuraklık ve yıpranma streslerine karşı toleransı artırmak amacıyla yapılmaktadır (Carrow, 1994). Birçok çim alanda sık sulama ve biçim artıklarının uzaklaştırılması toprağı potasyum bakımından fakirleştirmektedir. Potasyum çim bitkileri için yüksek miktarlarda gerekli olan temel bir besin elementidir. Potasyum içeriğı vejetatif dokuların kuru ağırlığının %1-4 arasında değişiklik göstermektedir. Birçok bitki enzimi, aktivasyon için bir kofaktör olarak potasyuma ihtiyaç duymaktadır. Potasyum; bitki-su ilişkilerinde önemli bir rol oynamaktadır. Yetersiz potasyum durumunda bitkiler vejetatif dokularında yeterli turgor basıncını koruyamamakta; yaprak su potansiyeli azalmakta ve hâlâ açık kalan stomalardan yüksek terleme gerçekleşmektedir. Potasyum eksikliği olan çimlerin yaprak uçlarında ve/veya kenarlarında

kahverengileşme görülebilmektedir. Ayrıca, orta damarlar yeşil kalırken yaprak ayalarında sararma gözlenebilmektedir (Carrow, 1994).

Potasyum, bitkilerde herhangi bir molekülün kararlı bir yapısal parçasını oluşturmayan, ancak büyüme ve gelişme için mutlak gerekli bir elementtir. Birçok işlevi arasında amino asit sentezi, karbonhidrat sentezi ve translokasyonu, protein sentezi, nitratların azaltılması, besin alımı, terleme ve solunumun düzenlenmesi yer almaktadır. Karbonhidratların daha basit bileşiklere ve enerjiye ayrışması potasyum seviyelerinden etkilenmektedir. Potasyum eksikliği, daha fazla solunum ve karbonhidrat rezervlerinin tükenmesine neden olmaktadır. Potasyum eksikliği ile bitkilerde terleme oranı artmaktadır. *Poa sp.* (salkım otu) ve *Agrostis sp.* (tavusotu) türlerinde artan potasyum oranlarına bağlı olarak kök büyümesi ve kök dallanmasında önemli bir artış gözlenmiştir. Potasyum gübrelemesi kök büyümesinde sürgün büyümesinden daha fazla artış ile sonuçlanmıştır. Potasyum nedeniyle artan köklenme, bitkilerin kuraklık toleransının artmasına neden olabilmektedir. Rizom ve stolon ağırlıkları da potasyum ile artmaktadır. Potasyum kardeşlenmeyi de artırmaktadır. Potasyumun kardeşlenme üzerine etkisi yüksek azot seviyelerinde daha fazla olmaktadır. Potasyum eksikliği olan bitkiler genellikle protein içeriği bakımından fakirdir, ancak protein sentezi için gerekli olan amino asitler bakımından zengindir. Amino asit içeriği yüksek olan bitkiler hastalıklara karşı daha hassas olmaktadır. Yüksek azot ile birlikte yüksek potasyum çimin yüksek sıcaklık toleransını artırabilmektedir. Potasyum çimlerin soğuk toleransını da artırabilmektedir. Su tutma kapasitesi ve çözünür protein içeriği üzerindeki etkileri, çimlerin düşük sıcaklıklarda hayatta kalmasının olası nedenleridir. Potasyum seviyeleri, çimlerin hastalık toleransı üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Düşük potasyum seviyeleri birçok hastalığa karşı artan duyarlılığa neden olabilmektedir. Bu olaylar, potasyum gübrelemesinin su tutma, amino asit seviyeleri, su emme, karbonhidrat seviyeleri, bitki canlılığı ve hücre duvarı yapısı üzerindeki etkisinden kaynaklanmaktadır. Yüksek potasyum seviyeleri su tutma kapasitesini ve turgor basıncını artırmaktadır. Yüksek turgor basıncı, daha sert, dik ve yıpranmaya daha dayanıklı bir çim ile sonuçlanmaktadır. Yıpranma toleransı özellikle

yüksek trafik alan çimlerde önemlidir. Bitkilerdeki sodyum (Na) içeriği kritik potasyum seviyesini etkileyebilmektedir. Yüksek sodyum seviyesine sahip bitkiler daha az potasyum gerektirmektedir. Potasyum birçok toprak ilişkisinde de rol oynamaktadır. Potasyum bir katyondur ve katyon değişimine maruz kalmaktadır. Bir toprağın potasyum için tutma sınırı aşıldığında, potasyum sızıntıya maruz kalmaktadır. Bir toprağın potasyum emme kapasitesini etkileyen faktörler toprak dokusu, kil tipi, ıslanma ve kurumadır. İnce dokulu topraklar genellikle kaba topraklardan daha fazla potasyum tutabilmektedir (Carrow ve Rieke, 1972).

Çim gübrelere genellikle diğer besin maddelerinden daha fazla azot ve potasyum içermektedir, çünkü çimler için bu elementler, diğer gübre elementlerinden daha fazla miktarlarda gereklidir. Çim bitkilerinin, azotun yaklaşık yarısı kadar potasyum aldığı belirtildiğinden, bu elementlerin 2/1 (N/K) oranında uygulanması tavsiye edilmektedir (Turgeon, 1985). Çeşitli çalışmalar, çim kalitesini korumak için potasyumun önemine dikkat çekmiştir. Artan hastalık direnci, kuraklık, sıcaklık ve yıpranma toleransı (Turner ve Hummel, 1992) ve artan kök büyümesi ve soğuk direnci (Beard, 1973) potasyum gübrelemesine bağlanmıştır. Gilbert ve Davis (1971) *Cynodon sp.*'nin soğuk direncini artırmak için yaz sonunda potasyum uygulamasını önermişlerdir. Bununla birlikte, soğuk dayanıklılığı göz önüne alındığında, Razmjoo ve Kaneko (1993), Japonya'da *Lolium perenne*'de dormansiyi önlemek, büyümeyi teşvik etmek ve iyi bir kış kalitesi sağlamak için 450 kg/ha N ve 250 kg/ha K oranlarının yeterli olduğunu bildirmiştir. Yine, Johnson vd. (1987) yıllık 100-300 kg/ha N ve 50-300 kg/ha K gübreleme oranlarını içeren bir saha çalışmasında, *Cynodon sp.*'nin çim kalitesi ve sürgün yoğunluğunun 50 kg/ha K oranında da diğer oranlardaki gibi yüksek olduğu sonucuna varmışlardır.

2.4. Silikon

1808 yılında, Davy (1808) silikonu izole etme girişiminden sonra, çakmaktaşı anlamına gelen Latince '*sillex*' kelimesine, silikonun metal olduğuna inandığı için '-ium' eki eklemeyi ve '*silicium*' adını vermeyi önermiştir. Diğer birçok dilde

Davy (1808)'nin verdiği isim, yerel fonolojiye (örneğin, Almanca silizium, Türkçe silisyum) uyarlanarak kullanılmıştır. Gay Lussac ve Thenard (1811), silikon tetraklorürü (SiCl_4) potasyum metali ile reaksiyona sokmuş ve çok saf olmayan amorf silikon formu üretmişlerdir. Fakat araştırmacılar ürünü saflaştıramamış, karakterize edememiş ve yeni bir element olarak tanımlamamışlardır. Silikon, bugünkü adını ise İskoç kimyager Thomson (1817) tarafından almıştır. Thomson (1817), Humphry Davy'nin verdiği ismin bir kısmını korumuştur. Ancak, silikonun bor ve karbona benzer bir ametal olduğuna inandığı için '-on' ekini eklemiştir. Fakat silikon ne metal ne de ametaldir. Silikon hem metallerin hem de ametallerin özelliklerine sahip olan metaloid, yani yarı-metaldir. İsveçli kimyager Berzelius (1824), Gay Lussac ve Thenard ile aynı yöntemi kullanarak amorf silikon üretmiş ve ürünü tekrar tekrar yıkayarak kahverengi bir toz haline getirmiştir. Ortaya çıkan ürün potasyum silisit ile kontamine olmuş, ancak reaksiyona girdiği su ile karıştırılarak uzaklaştırılmış ve böylece nispeten saf silikon tozu elde edilmiştir. Bu nedenle silikonun keşfi Jöns Jacob Berzelius'a atfedilmektedir. Sembolü 'Si' olan silikon, atom numarası 14 olan kimyasal bir elementtir. Oda sıcaklığında katı formda ve mavi-gri metalik parlak görünümündedir (Şekil 2.5).



Şekil 2.5. Silikon elementi (Anonim, 2020b)

Silikon doğada en yaygın sekizinci, toprakta oksijenden sonra en yaygın bulunan ikinci elementtir. Silikon; elementi ifade etmekte ve silika; her bir silikon molekülünün kimyasal olarak iki oksijen molekülüne bağlandığı bir bileşiğe (SiO_2 ; silikon dioksit) karşılık gelmektedir (Ingri, 1978; Iler, 1978). Germanyum (Ge) elementi biyolojik olarak silikon için bir analogdur (aynı görevi yapan yapılardan her biri), ancak germanyum bitkilerde düşük seviyeli toksisiteye

neden olabilmektedir (Ma vd., 2002). Silikon, insan vücudunun normal gelişimi ve beslenmesi için gerekli olan 25 element arasında yer almaktadır (Sripanyakorn vd., 2005). Ayrıca, silikon fazla miktarda bulunduğu bitkilerde ağır zararlara neden olmayan tek elementtir (Ma vd., 2001).

Her ne kadar silikon doğada çok fazla miktarda bulunabilse de, biyolojik fonksiyonları karbon, hidrojen ve oksijen gibi diğer elementler kadar belirlenememiştir (Wainwright, 1997). Silikonun bitki büyümesi için gerekliliği ve bitkilerin silikon içeriği bitki besleme araştırmacılarının çalışma konularından birisi olmuştur. Bitkilerde silikonun önemi sorusu ilk olarak Sachs (1862) tarafından vurgulanmıştır. Yazar, sürgün külleri içerisinde sırasıyla %0.3 ve %9.0 silikon olan iki mısır bitkisinin, büyümelerinde bir farklılık göstermediğini gözlemleyerek, silikonun gerekli olmadığı sonucuna varmıştır. 1906'da, Hall ve Morison (1906) ise silikonun bitkilerde rolü sorusunu gündeme getirmiş ve buğday (*Triticum aestivum*) külünün %60'ını oluşturan bir elementin metabolik bir rolü olmadığı konusunda şüphelerini belirtmişlerdir. Silikon 1900'lerin başında bitki yaşamı için gerekli 15 elementten biri olarak kabul edilmiştir (Halligan, 1912). Ancak, bugün silikonun sadece diyatomeleler (*Bacillariophyceae*; alglerin bir alt türü) olarak bilinen bir alg grubu, sarı-kahverengi alglerin bazı üyeleri için ve vasküler bitkilerde sadece atkuyruğugiller (*Equisetaceae*) familyası üyeleri için gerekli bir element olduğu bilinmektedir (Ketchum, 1954; Chen ve Lewin, 1969; Volcani, 1978; Round vd., 1990; Epstein, 1999; Kinrade vd., 2001; Kinrade vd., 2002). Silikonun bitki gelişiminde temel element olup olmadığını saptamak için birçok önemli çalışma yürütülmüştür. Yüksek yapılı bitkiler için silikon gerekliliği, bitki metabolizmasında ve silikon taşıyan organik bileşiklerin üretiminde doğrudan rolünü gösteren kanıtların bulunmaması nedeniyle birçok çalışmada sorgulanmıştır (Ma vd., 2001; Knight ve Kinrade, 2001; Ma ve Takahashi, 2002; Richmond ve Sussman, 2003). Epstein (1994), silikonun gereksizliğinin, silikonun deneysel besin çözeltilerinden tamamen uzaklaştırmanın zorluğu nedeniyle kanıtlanamadığını belirtmiştir. Fakat silikonun yapılan çalışmalar sonucunda bitki büyümesi için mutlak gerekli bir element olmadığı belirtilmiştir. AAPFCO (Amerikan Bitki Gıda Kontrol Yetkilileri Birliği) silikonu

bitkiler için ' faydalı madde' olarak tanımlamıştır (Sebastian, 2012; Sebastian vd., 2013). Birçok yazar ise silikonu yüksek yapılı bitkiler için 'yarı-gerekli' bir element olarak nitelendirmektedir (Rafi ve Epstein, 1997; Ma ve Yamaji, 2008). Yani silikondan yoksun bitkiler fiziksel anormallikler sergileyebilirken, silikon tedariği ile bitki büyümesi teşvik edilebilmektedir. Richmond ve Sussman (2003) etkileri türden türe göre değiştiği ve genellikle sadece biyotik ve abiyotik stres koşulları altında görüldüğünden, silikonun bitki biyolojisi ve bitki sağlığındaki rolü hakkında kapsamlı bir görüş oluşturulamadığını belirtmiştir.

2.4.1. Toprakta silikon varlığı ve oluşumu

Toprakta bol olmasına rağmen, çok aktif olduğu için silikon; doğada saf halde bulunmamaktadır (Richmond ve Sussman, 2003; Ma, 2005). Fakat bütün kayaç, kum, kil ve topraklarda ya silika halinde ya da oksijen ve alüminyum (Al), magnezyum, kalsiyum, sodyum, potasyum, demir gibi başka elementlerle oluşturduğu silikatlar halinde silikon bulundurmaktadır. Ayrıca doğal sularda, atmosferde (silisli toz halinde), pek çok bitki dokusunda ve bazı hayvanların iskelet, doku ve vücut sıvılarında da silikon bileşikleri bulunmaktadır (Aksoy, 2006). Toprak çözeltilerinde, silikon çoğunlukla monosilisik asit (H_4SiO_4 , $Si(OH)_4$) formunda bulunmaktadır (Lindsay, 1979; Epstein, 1994). Vermikülit, smektit, kaolin, ortoklas, feldspat, plajiyoklaz (kristal şeklindeki silikatlar), amorf silika ve kuvars, çoğu toprak yapısındaki ana silikon bileşenleridir (Orlov, 1985). Belirtilen silikon formlarının tümünün çözünürlüğü düşüktür ve biyojeokimyasal olarak hareketsizdir.

Anakaya, toprak gelişimi, toprak derinliği, toprak mineral bileşimi, adsorbsiyon etkileri, pH, su dengesi, sıcaklık ve biyokimyasal aktivite dâhil olmak üzere çeşitli faktörler toprak çözeltilesindeki çözülmüş silikon miktarını etkileyebilmektedir (Milnes ve Twidale, 1983; Haynes, 2014). Epstein (2001) ve Sommer vd. (2006)'ne göre, toprak çözeltilerindeki silikon konsantrasyonu genellikle 0.1-0.6 mM arasında değişirken, Karathanasis (2002)'e göre toprak çözeltilerindeki genel silikon aralığı 0.01-2.0 mM'dir. Yerkabuğunun pedosferi %0,52 ile %47 arasında değişmekle birlikte ağırlıkça ortalama %28 silikon

içermektedir (Tubana vd., 2016). Her bir kg toprak genellikle 50-400 g arasında değişen miktarlarda silikon içermektedir. Genellikle kireçtaşları ve karbonitler gibi karbonlu kayalarda az miktarda silikon belirtileri bulunurken, bazalt ve ortokuartzit gibi kayalar yüksek miktarda (%23-47) silikon içermektedir (McKeague ve Cline, 1963; Wedepohl, 1995; Monger ve Kelly, 2002). Kovda (1973) tarafından bildirildiği gibi, silikon içeriği killi topraklarda 200-350 g/kg iken, kumlu topraklarda 450-480 g/kg'dır.

Topraktaki silikon miktarının azalması; şiddetli ve sık toprak erozyonu veya sediment taşınması nedeniyle olabileceği gibi mahsullerin insan tüketimi için hasat edilmesi sonucu da oluşabilmektedir (Meunier, 2003; Meunier vd., 2008; Meena vd., 2014). Sürekli ekilen tarım topraklarında, bitki tarafından kullanılabilir silikon miktarı günden güne azalış göstermektedir. Bir şeker kamışı (*Saccharum officinarum*) tarlasında yapılan hesaplama, her hasat döngüsünde yaklaşık 100 kg/ha silikonun topraktan uzaklaştırıldığını göstermiştir (Savant vd., 1999). Toprakalrden uzaklaştırılan silikon miktarı azot, fosfor ve potasyum gibi temel besin elementlerinin uzaklaştırılma oranlarından çok daha yüksektir.

Savant vd. (1997b)'nin yaptığı bir derleme, dünyanın pek çok bölgesinde yetişen pirincin verimindeki düşüşün toprakta bitkiler tarafından kullanılabilir silikonun tükenmesi ile ilişkili olduğunu öne sürmektedir. Hindistan'daki Cauvery Deltası'ndaki pirinç üreticilerinin, 2-4 yılda bir düzenli olarak hektar başına 3-5 ton nehir kumu uyguladıkları belirtilmiştir. Bu sayede sürekli monokültür yapılması sonucu topraktan uzaklaştırılan silikon geri kazanılmaktadır (Meena vd., 2014). Subtropik ve tropik toprakların genellikle kullanılabilir silikon miktarı düşüktür ve bu olay topraklarda yetişen bitkiler dışarıdan silikon gübrelemesinden faydalanmaktadır. Bu nedenle, ılıman iklim koşullarında ekilen alanlarda verimi artırmak ve verimliliğini sürdürmek için silikon gübrelemesine ihtiyaç duyulmaktadır (Meena vd., 2014).

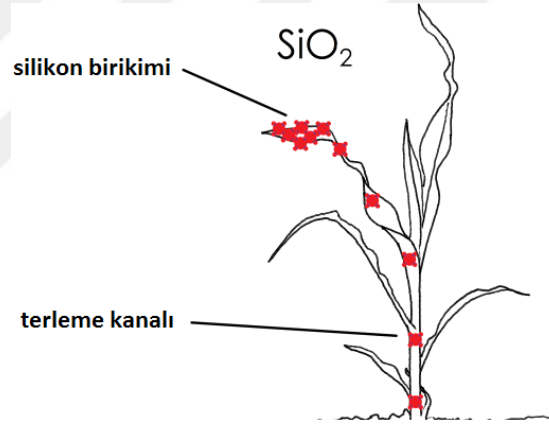
Silikon gübrelemesinin hastalık ve böcek baskısının yüksek olduğu ve abiyotik stresin mevcut olduğu üretim alanlarındaki mahsul verimliliğine faydalı

katkıları hakkında basılmış yayınlar, 1990'larda ABD'de silikon kullanımının artmasını sağlamıştır (Datnoff vd., 2001). Silikon gübrelemesi ihtiyacı sadece kullanılabilir silikon miktarının düşük olmasıyla değil, aynı zamanda özellikle yoğun tarım yapılan topraklarda bitkilerin uzaklaştırdığı silikonun yerini doldurma kabiliyetine de bağlıdır. ABD tarımının bir sanayi olarak başarısı, ülkenin net bir gıda ihracatçısı olmasını sağlayan yoğun mahsul yetiştiriciliği yaklaşımlarının modernizasyonu ve benimsenmesine bağlanmıştır (USDA, 2013). Bu eğilimin devam etmesi muhtemel görünmektedir ve bu eğilim silikonun tarım alanlarındaki topraklardan uzaklaştırılmasına da sebep olacaktır. İklim değişikliğinin daha yüksek hastalık baskısı, kuraklık, su basmış alanlar ve tuz stresi şeklinde mahsul üretimine daha fazla zorluk ve sınırlama getirmesi öngörülmektedir. Ek olarak, sürekli hasat her zaman temel kationların uzaklaştırılması ve gübrelemeyle birlikte olmaktadır. Bu olay sonuçta toprak asitleşmesine yol açmakta ve mahsul üretiminde maksimum verimi sağlamak için kireçleme programlarının vazgeçilmez olmasını sağlamaktadır. Tüm bu nedenlerden dolayı, düşük maliyetli kireçlenme potansiyeli yüksek endüstriyel yan ürün kaynaklarını kullanarak yapılan silikon gübrelemesinin birçok mahsul üretiminde özellikle verimi sınırlayabilen biyotik ve abiyotik baskıları hafifletmek ve pH'ı yükseltmek amacıyla kullanılacak agronomik bir uygulama haline geleceği belirtilmektedir (Tubana vd., 2016).

2.4.2. Bitkilerde silikon alımı, taşınması ve içeriği

Silikon çoğu bitki tarafından az ya da çok miktarlarda absorbe edilmektedir (Weiss ve Herzog, 1978; Epstein, 1999; Epstein, 2002; Epstein ve Bloom, 2005). Özellikle, buğdaygiller (*Gramineae* veya *Poaceae*) familyasına ait bitkilerin silikonu yüksek miktarda absorbe ettiği bilinmektedir (Carpita, 1996; Rafi ve Epstein, 1999; Tamai ve Ma, 2003). Silikon kökler tarafından monosilisik asit halde aktif olarak absorbe edilip daha sonra pasif olarak bitkinin transpirasyon kanalı boyunca sürgünlere taşınmaktadır (Şekil 2.6) (Ma, 2003; Bybordi, 2012). Terleme akışının son noktalarında, silisik asit su kaybı nedeniyle yoğunlaşmakta ve çözünürlük sınırı aşılır aşılmaz, kolloidal silisik aside polimerize olmakta ve sonuçta amorf silika ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$; yüksek yapıli bitkilerde opal, silika jel veya

fitolit olarak da adlandırılır.) meydana gelmektedir (Haynes, 2014). Sonuç olarak, stoma çevresinde belirgin şekilde daha yüksek silikon konsantrasyonları ortaya çıkmaktadır (Sommer vd., 2006). Amorf silika birikimleri bitki boyunca hücre duvarları, hücre lümenleri, trikomlar (tüyümsü çıkıntılar), hücre içi boşluklar, kökler, yapraklar ve üreme organlarında meydana gelmektedir (Richmond ve Sussman, 2003). Bitkiler tarafından emilen silikonun yaklaşık %90'ı terleme akımındaki ksilem yoluyla taşınmaktadır. Böylece silikon konsantrasyonu yaprak dokularında kök dokularından daha fazla olmaktadır (Ziramba, 2014). Çözünebilir monosilisik asit, pasif olarak hücre zarlarından geçebilmektedir. Kök adsorbsiyonundan sonra, monosilisik asit, bitkinin yapraklarına hızlı bir şekilde aktarılmaktadır (Ma, 2003). Yaprak epidermal hücrelerinde biriken silika ise hareketsizdir ve yeni büyüyen yapraklara taşınmamaktadır (Tubana vd., 2016).



Şekil 2.6. Silikonun toprak çözeltisinden bitki vasküler sistemi yoluyla yaprak uçlarına hareketinin gösterimi (Janislampi, 2012).

Yapraklarda silikon ilk önce alt epidermiste ve daha sonra yaprak büyürken her iki epidermiste de biriktirmektedir (Hodson ve Sangster, 1988). Daha yüksek bir silikon alım verimliliği ile karakterize edilen bitkiler dokularında daha fazla silikon biriktirme eğilimindedir ve bu nedenle ekstra bir silikon kaynağından silikon kaçınım mekanizmasına sahip bitkilere göre daha fazla fayda sağlayabilmektedirler. Hücre duvarlarına silikon birikimi bitki büyümesine bariz faydalar sağlamakla birlikte, bazı araştırmacılar bitkilerin dışarıdan silikon uygulamasına sadece bitki morfolojisi ve anatomisindeki değişikliklere değil, aynı zamanda fizyolojik fonksiyonlarda ve metabolik aktivitelerde

silikonun etkisine de değinmişlerdir (Ma vd., 2004; Zhu vd., 2004; Zhu ve Gong, 2014). Birçok araştırmacı, silikonun etkilerinin bazı enzimlerin aktivitesi, antioksidan kapasitesi, bitki-su ilişkileri, fotosentez, besin ve besin dışı anyonların alımı, bitki dokularındaki iyon hareketliliği, hormon dengesi ve gen ekspresyonuna açıkça yansıdığını belirtmişlerdir (Guntzer vd., 2012; Zhu ve Gong, 2014; Savvas ve Ntatsi, 2015).

1804 gibi erken bir zamanda, de Saussure (1804), bitki külleri içerisindeki silikonu analiz etmiş ve bitkilerde silikon konsantrasyonunun buğdaygiller familyasında daha yüksek miktarlarda olduğu ve türlere göre değiştiği sonucuna varmıştır. Epstein (1999) ve Hodson vd. (2005)'ne göre, bitkilerde silikon konsantrasyonu, türlere bağlı olarak %0.1 ile %10 kuru ağırlık arasında büyük bir değişkenlik sunmaktadır.

Silikon alımı türlere ve bitki gruplarına göre değişmektedir (Jones ve Handreck, 1967; Ma vd., 2001; Richmond ve Sussman, 2003). Genel olarak, taneli bitkilerde silikon alımı, diğer bitki türlerine göre çok daha yüksektir. Örneğin, buğdaygiller bitkileri olan pirinç (*Oryza sativa*) (Sahebi vd., 2015), buğday (Casey vd., 2003), arpa (*Hordeum vulgare*) (Barber ve Shone, 1966), İngiliz çimi (Jarvis, 1987), mısır (*Zea mays*) (Bakhat vd., 2009) ve bazı papirüsgiller (*Cyperaceae*) familyasına ait bitkiler aktif olarak silikon absorbe eden yaygın silikon akümülatörleridir (Jian vd., 2006). Salatalık (*Cucumis sativus*), kavun (*Cucumis melo*), çilek (*Fragaria sp.*) ve soya fasulyesi (*Glycine max*) gibi dikotiledon bitkilerin çoğunluğu da silikonu az miktarda absorbe etmektedir (Mitani ve Ma, 2005). Bununla birlikte, domates (*Solanum lycopersicum*), fasulye (*Phaseolus vulgaris*) gibi özellikle dikotiledonlu bazı bitkiler topraktan silikon absorbe edememektedirler (Mitani ve Ma, 2005; Liang vd., 2006; Nikolic vd., 2007). Ayrıca, modern analitik teknikler kullanılarak birçok bitkinin kortikal hücre zarlarında bir çeşit silikon alma veya reddetme mekanizması olduğu görülmektedir (Richmond ve Sussman, 2003). Mitani ve Ma (2005) çeşitli kültür bitkilerinin kortikal hücre zarlarında bir silikon taşıyıcıya dikkat çekerek pirinçte, salatalık ve domates ile karşılaştırıldığında daha fazla taşıyıcı

yoğunluğu olduğuna dikkat çekmiştir. Ayrıca, Ma ve Yamaji (2006) pirinçte silikon taşıyıcısını kodlayan bir gen olduğunu öne sürmektedir.

Bazı bitkilerde silikon birikimi fosfor, kükürt, kalsiyum ve magnezyum ile benzer miktarlardadır ve silikon bazen azot ve potasyum gibi makro elementler kadar yüksek konsantrasyonlarda da biriktirilebilmektedir (Casey vd., 2003). Örneğin; pirinçte silikon birikimi azot birikiminin iki katı kadar olabilmektedir (Datnoff ve Rutherford, 2003). Bitkiler silikonu doğal sistemlere göre çok daha hızlı bir şekilde alabilmektedir. Tropikal ormanlar yıllık 4-67 kg/ha (Lucas vd., 1993; Alexandre vd., 1997), meralar yıllık 22-67 kg/ha (Blecker vd., 2006), ve ılıman ormanlar yıllık 2.3-44.0 kg/ha (Bartoli, 1983; Gérard vd., 2008; Cornelis vd., 2010) silikon absorbe ederken, şeker kamışı yıllık 300 kg/ha (Meyer ve Keeping, 2001) ve pirinç yıllık 500 kg/ha (Makabe vd., 2009) silikon absorbe etmektedir (Guntzer vd., 2012). Bitkiler tarafından alınan bu yüksek silikon miktarları sadece pasif absorpsiyonla (difüzyon veya kütle akışı gibi) açıklanamamaktadır. Çünkü 20 cm'lik üst toprak tabakası monosilik asit olarak ortalama sadece 0.1-1.6 kg/ha silikon içermektedir (Matichenkov vd., 1997; 2000). Aynı şekilde, Raven (2001) pirinçteki yüksek doku silikon konsantrasyonlarının sadece pasif akıştan değil, metabolik kontrol gerektiren bir konsantrasyona karşı aktif alımın bir sonucu olabileceğini belirtmiştir.

Bitkiler çeşitli yazarlar tarafından silikon içeriği bakımından farklı gruplara ayrılmıştır. Yapılan gruplandırmalar aşığıdaki gibidir:

- Sulak alan buğdaygilleri; pirinç veya atkuyruğu (*Equisetum sp.*) gibi bitkiler %10-15 silikon içermektedir.
- Kurak alan buğdaygilleri; şeker kamışı ve tahıl türlerinin çoğu ve birkaç dikotiledon gibi bitkiler %1-3 silikon içermektedir.
- Çoğu dikotiledon bitkiler; özellikle baklagiller gibi bitkiler %0.5 silikon içermektedir (Takahashi ve Miyake, 1977).

Carey ve Fulweiler (2014) tarafından bildirilen diğer bir sınıflandırma kriteri ise sürgün dokularındaki Si/Ca oranıdır. Si/Ca>1 olan bitkiler aktif akümülatör,

$0.5 < Si/Ca < 1$ olan bitkiler pasif akümülatör ve $Si/Ca < 0.5$ olan bitkiler ise silikon dışlayıcı olarak gruplandırılmaktadır.

Yapılan bir çalışmada sulak alan buğdaygilleri silikonu monosilik asit olarak kuru madde bazında %4.6-6.9 arasında değişen oranlarda bünyelerine almaktadırlar. Kurak alan buğdaygillerinde silikon birikimi %0.5-1.5 arasında, dikotiledonlarda ise birikim %0.2'den daha az oranda olmaktadır (Datnoff ve Rutherford, 2003).

Ma ve Takahashi (2002) silikonun bitkilerde birikiminin diğer elementlerin aksine çevresel kriterlerden etkilenmediğini savunmakta ve silikon bakımından zengin türlerin genellikle düşük kalsiyum konsantrasyonlarına sahip olduğunu belirtmektedirler. Yazarlar silikon biriktirmeyen bitkileri, biriktiren bitkilerden ayırt etmek için şu sınıflandırmayı yapmışlardır:

- Akümülatör bitkiler: %1'in üzerinde silikon konsantrasyonuna sahip ve $Si/Ca > 1$ olan bitkiler
- Dışlayıcı bitkiler: %0.5'in altında bir silikon konsantrasyonuna sahip ve $Si/Ca < 0.5$ oranına sahip bitkiler
- Bu kriterlere uymayan bitkiler 'ara-orta' olarak adlandırılmaktadır.

Bu değerlendirmeye göre; %0.5'lik kritik değer, 10 mg/l silikon içeren 0.5 l'lik bir çözeltiyi absorbe eden ve 1 g kuru madde üreten bir bitkiden elde edilen silikon konsantrasyonu olarak kabul edilmektedir. Ayrıca, silikon içeriği bakımından aynı tür içindeki genotipler arasında da büyük farklılıklar bulunmaktadır (Deren, 2001). Birkaç veri derlemesi bu varyasyonun boyutunu belirtmiştir (Hodson vd., 2005; Ma ve Takahashi, 2002).

Yüksek yapılı bitkilerin silikon biriktirme kapasitelerinde farklılıklar bulunmaktadır (Datnoff vd., 2001). Çim bitkilerinin büyük çoğunluğu, hücre çeperleri ve hücre içi boşluklarında silikon biriktirdikleri için silikon biriktiren bitkiler olarak sınıflandırılmaktadır (de Melo vd., 2003). Birçok araştırmacı, yüksek akümülatör olarak sınıflandırılan bitkilerin kuru ağırlıkça 10-100 g/kg

arasında silikon içerdiğini ve çoğunun monokotiledon bitkiler olduğunu belirtmektedir (Ma vd., 2001; Ma ve Takahashi, 2002; Liang vd., 2007). Orta derecede akümülatör bitkilerin kuru ağırlıkça 5-10 g/kg arasında silikon içerdiği ve genelinin monokotiledon olduğu belirtilmektedir. Kuru maddece 5 g/kg'dan daha az silikon içeren bitkilerin ise düşük silikon akümülatörü olduğu ve genelinin dikotiledon olduğu belirtilmektedir (Tubana vd., 2016).

500'den fazla bitki türünde yapılan farklı bir çalışmada bitkiler; yüksek-orta akümülatör ve akümülatör olmayanlar olmak üzere iki gruba ayrılmıştır (Ma vd., 2001). Gruplamalar, silikon ve bitki dokusundaki Si/Ca oranının ölçülmesine dayandırılmış ve silikon birikiminde türler arasında büyük varyasyonlar olduğu gözlenmiştir. Aynı şekilde, Takahashi vd. (1990) 147'den fazla türün silikon içeriği analizi sonrası, bitkileri sırasıyla aktif, pasif ve kaçınım alım mekanizmalarına dayanan yüksek akümülatör, orta akümülatör veya akümülatör olmayan bitkiler olarak sınıflandırmıştır. Fakat yazarlar bu kategoriye yalnızca bitki yapraklarındaki silikon konsantrasyon ölçümüne dayanarak geliştirmişlerdir.

Takahashi ve Miyake (1977) 175 bitki türünde silikon alımıyla ilgili yayınladıkları bir makalede silikon akümülatörü olan ve olmayan bitkilerde sırasıyla kuru yapraklarda sırasıyla ortalama %1.96 ve %0.25 silikon içerdiğini belirtmişlerdir. Yazarlara göre, akümülatör bitkiler genellikle monokotiledonlu bitkileri içeren buğdaygiller, papirüsçiller ve muzgiller (*Musaceae*) familyalarındaki bitkilerdir. Silikon biriktiren bitkilerin aktif silikon aldığını, domates gibi düşük silikon içeriğine sahip olan bitkilerin fazla silikonu bitki dışına atmak için silikonu dışlama yeteneğine sahip olduğunu belirtilmiştir.

Yapılan tüm bu çalışmalar sonucu bitkilerde silikon birikiminde bazı genel eğilimler bulunmuştur. Monokotiledonların silikon konsantrasyonu dikotiledonlara göre daha yüksek olmaktadır. Dikotiledonların genellikle silikon bakımından daha fakir olduğu belirtilse de, istisnalar olabilmektedir. Silikon birikimi, aynı türün farklı ekotipleri arasında bile büyük ölçüde değişebilmektedir (Epstein, 1994). Bitkilerin silikon konsantrasyonu genellikle

baklagiller < meyve bitkileri < sebzeler < çimlen < tahıl bitkileri şeklindedir (Thiagalingam vd., 1977). Silikon içeriği bitkilerde organ düzeyinde incelendiğinde ise hava ile temas eden organların köklere göre daha fazla silikon biriktirdiği belirtilmiştir (Meena vd., 2014). Aksine, şalgam (*Brassica rapa*), kırmızı üçgül (*Trifolium incarnatum*), kahve (*Coffea sp.*), soğan (*Allium cepa*), biber (*Capsicum sp.*), turp (*Raphanus sativus*) ve domates gibi bazı bitki türlerinin köklerinde, sürgünlerinden daha fazla silikon bulunduğu belirtilmiştir (Lewin ve Reimann, 1969; Carre-Missio vd., 2009; French-Monar vd., 2010; Huang vd., 2011). Genel olarak, kapalı tohumlu (*Angiospermae*) bitkilerin sürgün silikon içeriği açık tohumlu (*Gymnospermae*) bitkilere göre daha fazla olmaktadır (Hodson vd., 2005). Guntzer vd. (2012) dikotiledonlardaki en yüksek silikon alımının bazı kabakgiller (*Cucurbitaceae*) (örn. salatalık), baklagiller (*Fabaceae* veya *Leguminosae*) (örn. bezelye), gülgiller (*Rosaceae*) (örn. karaağaç) ve papatyagiller (*Asteraceae*) (örn. ayçiçeği) familyalarında olduğunu belirtmiştir (Savvas ve Ntatsi, 2015). Bir bitkinin yaşlı yapraklarının silikon içeriği genç yapraklara göre daha zengin olmaktadır (Henriet vd., 2006). Yapılan çalışmalarda pirinç bitkisinin ekimden hasata kadar yaşı arttıkça silikon içeriğinin arttığı belirlenmiştir (Nayar vd., 1982). Bazı bitki türlerinin ortalama nispi silikon içeriği Çizelge 2.1'de verilmiştir (Meena vd. 2014).

Çizelge 2.1. Farklı bitki türlerinin silikon (SiO₂) konsantrasyonları (Jones ve Handreck, 1967)

| Mahsul | SiO₂ (%) |
|----------------|----------------------------|
| Pirinç | 1.5-8.0 |
| <i>Lolium</i> | 2.34 |
| Yulaf | 2.04 |
| Arpa | 1.92 |
| Çavdar | 1.58 |
| Bezelye | 0.25 |
| Mavi acı bakla | 0.24 |
| Hardal | 0.15 |
| Kırmızı yonca | 0.12 |
| Kırmızı üçgül | 0.12 |

İnsan veya hayvanlar tarafından tüketilen meyvelerin yanı sıra yiyecekler ve içecekler de çeşitli seviyelerde silikon içermektedir. Bitkisel ürünler silikon

içeriği bakımından et ürünlerine göre daha zengindir. Bazı gıda ve meyve bitkilerinin silikon konsantrasyonu Çizelge 2.2'de verilmiştir (Meena vd., 2014).

Çizelge 2.2. Gıda ürünlerindeki silikon konsantrasyonu (Pennington, 1991; Powell vd., 2005)

| Gıda ürünü | mg/100 g Si |
|------------------------------|-------------|
| Hurma (kuru) | 16.61 |
| Buğday kepeği | 10.98 |
| Ispanak (taze/haşlanmış) | 5.12 |
| Muz | 4.77 |
| Kırmızı mercimek (haşlanmış) | 4.42 |
| Mango | 2.00 |
| Soya fasulyesi | 1.19 |
| Nohut | 0.76 |
| Üzüm | 0.49 |

2.4.3. Silikon kaynakları

Silikon içeren bir materyalin etkin bir gübre olabilmesi için nispeten yüksek bir silikon içeriğine sahip olması, bitkinin ihtiyaçlarını karşılayacak kadar suda çözünür silikon sağlaması, uygun maliyetli olması, fiziksel depolamayı ve uygulamayı kolaylaştıran bir yapıya sahip olması ve toprağı kirletecek maddeler içermemesi gerekmektedir (Gascho, 2001). Birçok potansiyel silikon kaynağı ilk gereksinimi karşılayabilmekte, fakat silikon gübresi olarak kullanılan materyallerin sadece birkaçı bahsedilen tüm bu gereklilikleri karşılayabilmektedir. Çizelge 2.3'te bazı silikon kaynakları ve silikon içerikleri verilmiştir (Meena vd., 2014).

Çizelge 2.3. Toprak silikon içeriğini artırmak için kullanılan veya besin çözeltilerinde silikon içeren silikon kaynakları (Meena vd., 2014)

| Si kaynağı | Kimyasal formül | Si içeriği (%) |
|------------------------------|----------------------------------|----------------|
| Kalsiyum silikat cürufu | - | 18-21 |
| Kalsiyum silikat | CaSiO ₃ | 24 |
| Potasyum silikat | K ₂ SiO ₃ | 18 |
| Sodyum silikat | Na ₂ SiO ₃ | 23 |
| Kuvars kumu (ince öğütülmüş) | SiO ₂ | 46 |

Silikonun bitkilere etkilerini belirlemek amacıyla birçok silikon kaynağı kullanılmıştır. Yine, farklı silikon kaynakları birçok çalışmada birbirleriyle

karşılaştırılmıştır (Gascho, 2001; Mecfel vd., 2007; Meyer ve Keeping, 2001; Rodgers-Gray ve Shaw, 2004). En çok kullanılan silikon kaynakları potasyum silikat (K_2SiO_3), kalsiyum silikat ($CaSiO_3$), sodyum silikat (Na_2SiO_3), magnezyum silikat (MgO_3Si), amonyum silikat ($(NH_4)_2SiO_3$), silika jel, wollastonite ve yüksek fırın artıklarıdır (Guntzer vd., 2012). Ayrıca pirinç, buğday ve diğer küçük taneli bitkilerin hasat sonrası mahsul kalıntıları da yüksek miktarda silikon içermekte ve silikon kaynağı olarak kullanılmaktadır. Pirinç yaprağı ve sapı genellikle %5-6 oranında silikon içerdiğinden bitki artıklarının toprağa geri döndürülmesi toprakta silikon miktarının artırılmasına yardımcı olabilmektedir (Ishizuka, 1971; Padjama ve Verghese, 1972; Elawad vd., 1982). Savant vd. (1997b) dünya pirinç üretiminin topraklardan 33 milyon ton silikon uzaklaştırdığını hesaplamış ve bunun saman olarak yeniden gübrelemede kullanılabileceğini belirtmişlerdir. Aynı şekilde, Marxen vd. (2016)'nin yakın tarihli bulguları, bir silikon kaynağı olarak taze samanın çok miktarda yüksek oranda çözünür fitolit içerdiğini göstermektedir. Bu sonuçlar da, taze pirinç samanının potansiyel bir silikon kaynağı olarak kullanılabileceğine işaret etmektedir. Fakat bu tipteki silikon kaynakları fazla miktarda malzeme gerektirmektedir. Çünkü bu maddelerden silikon yavaş salınmakta ve bu nedenle bitkinin ihtiyaç duyduğu zaman toprak çözeltisinde yeterli miktarda silikon bulunamamaktadır (Savvas ve Ntatsi, 2015).

Kuars, kil, mika ve feldspat gibi inorganik maddeler de silikon bakımından zengin olmasına rağmen, silikonun düşük çözünürlük özelliğinden dolayı zayıf silikon gübre kaynakları olarak nitelendirilmektedir (Meena vd., 2014). Silikon bakımından zengin cürufu gübre olarak kullanmak için ilk patent 1881'de ABD'de alınmıştır (Zippicotte, 1881). Doğal olarak oluşan wollastonit kalsiyum silikat daha fazla çözünür ve yüksek miktarda silikon içermekle birlikte, bu minerali rafine etme işlemi zahmetli ve pahalıdır. Bu özelliği de gübre olarak seri üretimini sınırlamaktadır (Park, 2001; Maxim vd., 2008). Günümüzde, demir ve magnezyum madenlerinin eritilmesi sonucu ortaya çıkan endüstriyel yan ürünler genellikle silikon gübreleri olarak kullanılmaktadır (Elawad ve Green, 1979; Snyder vd., 1986). Bunlar, mahsul üretimi için nispeten ucuz olan silikon kaynaklarıdır. Silikat cüruflarının bileşimi ve bitki tarafından

kullanılabilir silikon miktarları, malzemelerin soğutma hızları ve granül boyutlarındaki farklılıklar nedeniyle farklılık göstermektedir (Takahashi, 1981; Datnoff vd., 1992; Datnoff vd., 2001). Silikat cürufları, silikon gübresi olarak wollastonite göre daha ekonomik olmakla birlikte, üreticiler silikat cürufunda bulunan bitki tarafından kullanılabilir silikon miktarını gözden kaçırmaktadır (Tubana vd., 2016). Silikon kaynağı olarak kullanılan cüruf malzemeleri, çeşitli miktarlarda kalsiyum ve/veya magnezyum silikatlar içermekte ve suda OH⁻ iyonu salınımları bıraktıkları için kireçlendirme maddesi olarak işlev görmektedir (Korndörfer ve Pereira, 2011). Tarımda silikon kaynağı olarak kullanılabilir doğal maddelerden ikisi yaklaşık %20 silikon içeren olivin (MgSiO₃) ve %38-42 silikon içeren diatomittir (Haynes, 2014). Çözünür silikatlar da günümüzde tarımda gübre ve biostimulant olarak kullanılan endüstriyel kimyasallardır. Çelik ve fosfor üretiminin bir yan ürünü olarak elde edilen kalsiyum silikatlar da silikon içeriği düşük olan topraklarda yetiştirilen bitkilerde silikon kaynağı olarak sıkça kullanılmaktadır. Silika jel ve sodyum silikatın da yüksek değerli ticari bitkilere silikon sağladığı bildirilmiştir (Gascho, 2011). Silika jel yavaş salınan bir silikon kaynağı iken, silikon içeren sodyum silikat ise Na⁺ toksisitesine neden olabilmektedir. İnorganik silikatlar doğrudan gübrelemeyi takiben mahsuldeki bitkiler tarafından kullanıldığından verimi daha hızlı etkilemektedir. Bu özellikleri de geniş kullanımına yol açmıştır (Ma ve Takahashi, 2002). Verimlilik ve maliyette kazanç sağlamak için inorganik silika yaprak uygulamaları test edilmiştir (Sarwar vd., 2010).

Eneji vd. (2008) su kıtlığı altında dört çim türünün toprağına 1000 mg/kg potasyum silikat uygulamasının kalsiyum silikat veya silika jel ile karşılaştırıldığında türler arasında en büyük biyokütle verim tepkilerini ürettiğini bulmuşlardır. FDA (ABD Gıda ve İlaç İdaresi) tarafından güvenli olarak tanınan potasyum silikat, abiyotik stresi azaltmak ve bitkilerde hastalık kontrolüne katkıda bulunmak için biyoaktif madde olarak kullanılan en yaygın çözünür silikattır (Li vd., 2009). Potasyum silikat, potasyum hidroksit (KOH) ya da potasyum karbonatın (K₂CO₃) silikon dioksit ile reaksiyonundan üretilmektedir. Görünümü berrak, koyu kıvamlı ve sıvı halde olan potasyum silikat, suda kolay olarak çözünebilmektedir. Çevre stresi, sıcak hava stresi,

soğuk hava stresi, su ve toprak toksisitesini azaltma gibi birçok fayda sağlayan potasyum silikat, topraktaki faydalı bakterilere katkısı sayesinde kök gelişimini de artırabilmektedir. Doğal bir fungusit görevi de gören potasyum silikat, bitki üzerine sıkıldığında kütikula tabakasının silikon ile kuvvetlenmesi sayesinde bitkinin böcek ve mantar saldırılarından korunmasını sağlayabilmektedir. Aynı zamanda potasyum silikat gübrelemesi yapılan bitki yapraklarının ışıktan yararlanma olanağının artmasıyla paralel olarak fotosentez oranının artması sayesinde bitkilerin rengi daha doygun olmaktadır. Potasyum silikat, pahalı olmasına rağmen yüksek oranda çözünmekte ve hem yaprak uygulamalarında hem de hidrofonic besin çözeltilerinde kullanılmaktadır (Gascho, 2001). Potasyum silikat hiçbir uçucu organik bileşik içermemekte ve uygulamalar tehlikeli ya da çevresel açıdan kalıcı yan ürünlerin salınmasına neden olmamaktadır (Blumberg, 2001).

2.4.4. Silikon gübrelemesi ve kullanım alanları

Bol olmasına rağmen, çoğu silikon kaynağı çözünmezdir ve bitkiler tarafından kullanılabilir bir formda değildir (Richmond ve Sussman, 2003). Silikon, bitkiler tarafından silisik asit veya silikat şeklinde emilmektedir. Bu nedenle; bitkilere, kolayca temin edilebilen silikon takviyesine ihtiyaç duyulmaktadır. Silikon içeren materyallerinin kültür bitkilerine uygulanması 1950'lerin başında Japonya'da başlamış ve Kore, Tayvan, Tayland, Sri Lanka (Liang vd., 1994) ve ABD (Korndörfer ve Lepsch, 2001) gibi dünyanın pek çok bölgesinde yaygın olarak kullanılmaya devam edilmektedir.

İnsan ve çevre üzerinde toksik etkisi bulunmayan silikon, muhtemelen çoklu streslere karşı direnci arttırabilen tek elementtir (Savvas ve Ntatsi, 2015). Ayrıca, silikon gübrelemesi çevresel stresleri ve toprakta besin elementlerinin tükenmesini azaltma potansiyeline de sahiptir. Bunun sonucunda, silikon gübrelemesi sürdürülebilir tarım için bitki sağlığı ürünleri ve N-P-K gübrelerinin aşırı kullanımına karşı alternatif sunmaktadır (Guntzer vd., 2012).

Silikonun kullanım alanlarından biri mevcut sulama suyunda bitki büyümesi ve verimini kısıtlayan yüksek NaCl (sodyum klorür) konsantrasyonları nedeniyle tuzluluk problemleriyle karşı karşıya olan bitkilerdir. Silikonun tuzluluk koşulları altında yetiştirilen bitkiler üzerindeki iyileştirici etkisi nedeniyle çevresel açıdan çok önemli olan düşük kalitedeki suların sulamada kullanma olanaklarının silikon kullanımıyla artırılacağı düşünülmektedir (Savvas ve Ntatsi, 2015).

Silikon, mahsul alma döneminde su kıtlığı ile karşılaşması beklenen bahçe bitkilerinde de kullanılmaktadır. Bahçecilikte silikon uygulama alanlarından biri de bitki beslemedir. Kayda değer miktarda araştırma, silikonun besin eksikliği ve toksisite bozukluklarını azaltabileceğini ve azot gibi bazı besin maddelerinin aşırı verilmesinden kaynaklanan dengesizlikleri düzeltebileceğini göstermektedir (Ma vd., 2004). Ayrıca, silikon toprak kirliliğinin muhtemel olduğu endüstriyel alanların yakınındaki alanlarda yetiştirilen veya geri kazanılmış atık su ile sulama nedeniyle (Wu vd., 2013; Kim vd., 2014) ağır metallerle maruz kalma riski taşıyan bahçe bitkilerinde koruyucu bir biyostimulant (biyolojik uyarıcı) olarak da uygulanabilmektedir.

Silikonun bir başka potansiyel uygulaması, yüksek sıcaklık veya düşük optimal sıcaklıklar veya hatta donma riskleri gibi iklim koşullarıyla ilişkili strese maruz kalan bitkilerdir (Zhu ve Gong, 2014). Bununla birlikte, silikon bir stres faktörü ile karşılaşması beklenmeyen bitkilere de uygulanabilmektedir. Çünkü gerçek büyüme koşulları altında bitkiler öngörülemeyen bir takım streslere maruz kalabilmektedir. Özellikle çiçek yetiştiriciliğinde, silikonun bir biyostimulant olarak kullanılması ümit verici görünmektedir. Çünkü, bazı çalışmalarda silikon uygulaması çiçek kalitesini ve süs bitkilerinin genel görünümünü iyileştirmiştir (Savvas vd., 2002). Ma (2004) tarafından vurgulandığı gibi, belirli bir bitkinin sürgünlerinde ve yapraklarında ne kadar çok silikon birikirse, gözlemlenen etkiler de o kadar güçlü olmaktadır. Sonuç olarak, silikon bir biyostimulant olarak uygulandığında dokularında daha fazla silikon biriktiren bitkilerin verim açısından pozitif bir tepki göstermesi daha olasıdır.

Silikon; yaprağa püskürtme, toprağa karıştırma veya sulama suyuyla birlikte uygulanabilmektedir. Besin elementi noksanlıklarının hızlı bir şekilde giderilmesi veya topraktan besin elementlerini alan bitkilere takviye olması amacıyla yaprak gübrelenmesi yapılmaktadır (Çetinsoy ve Yıldız Daşgan, 2016). Yaprak gübrelenmesi, sıvı haldeki gübrenin bitkinin doğrudan yapraklarına püskürtme yöntemiyle uygulanarak bitkileri besleme tekniğidir. Yaprak spreyi olarak uygulanan silikon içeren çözeltilerin kullanımı, istenen oranlarda uygulama kolaylığı açısından bir avantaja sahiptir. Ayrıca, yüksek kireçlenme potansiyeline sahip olan katı silikon kaynakları yüksek oranlarda uygulandığında toprak pH'ını değiştirirken silikonun yaprak spreyi olarak uygulanması toprak pH'ını değiştirmemektedir (Tubana vd., 2012; Haynes vd., 2013). Bununla birlikte yapraktan uygulanabilecek silikon miktarı nispeten düşükken, yaprak yüzeyinden emilimi sınırlı olmaktadır (Haynes, 2014). Topraktan uygulama, kullanılan silikon kaynağının yeterli miktarda çözünebilir silikon içermesi koşuluyla, bitki dokularında silikon içeriğini artırmada ve yaprak uygulamasına göre uyarıcı etki yaratmada çok daha etkili olmaktadır (Haynes, 2014). Guével vd. (2007) tarafından bildirildiği gibi, yapraktan püskürtme yoluyla silikon uygulaması küçük bir etkiye sahipken, silikonun toprak uygulamaları yaprak silikon seviyelerini artırmada başarılı olmuştur. Matlou (2006) yapraktan silikon uygulanmasının doku silikon konsantrasyonlarını önemli ölçüde arttırmada başarısız olduğunu belirtmiştir. Wang vd. (2015)'ne göre, silikonun yapraktan uygulaması toprak uygulamasına kıyasla kimyasal veya fiziksel immobilizasyonu önleyebilmekte ve daha etkin işlev görebilmektedir.

Yaprak uygulamaları için potasyum silikat, sodyum silikat ve silisik asit gibi oldukça çözünür silikatlar kullanılabilir. Ek olarak, yapraktan uygulanan silikona bitkilerin pozitif bir tepkisi olsa bile, silikonun yaprak absorpsiyonu sorgulanmaya devam etmektedir. Çünkü bu bitki organında bugüne kadar hiçbir taşıma mekanizması bulunmadığı tespit edilmiştir (Rodrigues vd., 2015).

Son zamanlarda yapraktan uygulama veya uygun alternatif yöntemlerle bitki için yeterli silikonu sağlamak ve silikonun faydalı etkilerini teşvik etmek için

çeşitli miktarlarda silikon kullanarak araştırmalar yapılmaktadır. Bu nedenle, bu tekniğin; daha az gübre kullanımı, düşük maliyet, uygulama kolaylığı, kaliteli gübre kullanımı (kirletici içermemesi gibi) ve gübrelerin suda çözünebilir olması gibi avantajları ortaya konulmaya çalışılmaktadır. Organik tarımda yapılan bitki beslemede silikon, hastalık ve zararlı kontrolü için bazı biyositlerin kullanımı (insektisit, fungusit, nematisid vb.) yasak olduğu için büyük öneme sahiptir. Bu durumda, gübreleme yoluyla silikon tedarik etmek, organik olarak yetiştirilen mahsullerin üretimi ve korunmasında katkı sağlayabilmektedir (Buck vd., 2008).

Öte yandan, silikonun abiyotik stres üzerindeki biyostimülatör etkileri bitki dokusundaki birikimi ile ilişkilidir (Epstein, 2009). Bu nedenle, yapraktan silikon uygulamalarının abiyotik stresi hafifletmedeki etkinliği sorgulanmaktadır (Savvas ve Ntatsi, 2015). Ancak biyotik strese karşı korunmak için uygulandığında daha etkili olduğu görülmektedir. Son yıllarda, nano-silikon formları da yaprak yüzeyinden daha yüksek emme oranlarına izin veren, daha küçük partikül boyutlarından dolayı yaprak püskürtme yolu ile uygulandığında abiyotik stresin hafifletilmesinde standart silikon kaynaklarından daha etkili olduğunu göstermiştir (Wang vd., 2015).

Silikonun bitki metabolizmasına fizyolojik etkileri konusundaki yetersiz bilgilere rağmen, gübre olarak silikon uygulaması günümüzde pirinç ve şeker kamışı bitkilerinde yaygın kullanılan bir uygulamadır (Savant vd., 1999; Ma vd., 2007). Günümüzde silikonun bitki gelişimi ve performansına üzerine faydalarını gösteren çok sayıda kanıt olması nedeniyle, silikon ile ilgili çok sayıda araştırma projesi gerçekleştirilmektedir (Tubana vd., 2016).

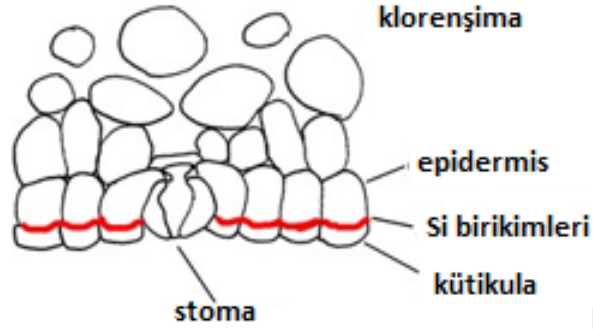
2.4.5. Silikonun kanıtlanmış faydaları

Hem araştırma sonuçları hem de pratik deneyimler silikonun özellikle stres şartları altında yetişen birçok bitki türünün büyüme ve gelişimi üzerine faydalı etkileri olduğunu göstermektedir (Ma, 2004). Silikonun bitkilerde büyüme ve verimi artırdığı, bitkiye dik duruş sağladığı, devrilmeyi önlediği, su kullanım

verimliliği sağladığı, bakteriyel ve fungal hastalıklar (Voogt ve Sonneveld, 2001), herbivorlar (Coors, 1987), aşırı radyasyon ve yüksek sıcaklıklar, düşük sıcaklıklar, donma, besin stresi, ultraviyole ışınlar (Tisdale vd., 1985; Epstein, 1999; 2001), tuzluluk (Hamayun vd., 2010; Lee vd., 2010) ve ağır metal toksisitesine (Neumann ve zur Nieden, 2001; Voogt ve Sonneveld, 2001) karşı direnç sağladığı, azot, fosfor ve bitki dokusundaki diğer elementlerin kompozisyonunu etkilediği (Bollard ve Butler, 1966; Epstein ve Bloom, 2005; Ma, 2004; Ma vd., 2004; Savvas vd., 2007; Liang vd., 2007; Guntzer vd., 2012; Zhu ve Gong, 2014) belirtilmiştir. Bu faydaları da silikonun doğrudan bitkilere uygulanmasına veya uygulanan gübrelere dâhil edilmesine yol açmıştır.

Silikonun bitki zararlılarına karşı dayanıklılığı üzerindeki etkilerinin absorbe edilen silikonun epidermal dokuda birikmesi ya da patogenez kaynaklı konak savunma yanıtları nedeniyle olduğu düşünülmektedir (Meena vd., 2014). Hastalık direncinin artmasına sebep olan mekanizmalar tam olarak anlaşılmasına rağmen, epidermal hücrelerin silislenmesi (Ito ve Hayashi, 1931; Suzuki, 1940; Hemmi vd., 1941) ve apoplastta (Yoshida vd., 1962) mantar nüfuzunu ve kolonizasyonu önleyen bir çift silikon kütikula katmanı oluşumu (Şekil 2.7), silikon aracılı dirençle bağlantılı hipotezlerdendir. Mekanik bariyer hipotezi olarak da bilinen, sürgün ve yaprak epidermislerinde silikon birikimi (Epstein ve Bloom, 2005; Rodrigues vd., 2015) bitkinin mekanik mukavemetini ve koruyucu tabakasını artırmaktadır. Bu mekanik engel silikonun mantar penetrasyonunu nasıl azalttığını veya engellediğini açıklayan ilk hipotezdir (Heath ve Stumpf, 1986; Carver vd., 1987). Bu bariyer bitkinin patojenlere karşı direncinin artırılması, böcek ve hayvanların otlatılmasının neden olduğu zararın azaltılması, terleme yoluyla su kaybını azaltarak bitkilerin su stresine karşı toleransının artırılması, kurak topraklara karşı kök direncinin geliştirilmesi, fotosentez oranının artırılması ve bitki yatma oranının azaltılmasına yardımcı olmaktadır (Eneji vd., 2005; Hattori vd., 2005; Cotterill vd., 2007; Rizwan vd., 2012). Birkaç çalışma, mantarın nüfuz etmesine karşı basit bir fiziksel engel oluşmasından ziyade aktif bir silikon rolü içeren daha karmaşık bir hücresel mekanizma olduğunu göstermiştir (Nanayakkara vd., 2008). Yeni görüşler silikonun bitki direnci üzerindeki etkisinin patojen enfeksiyonuna karşı konak

bitki direnç mekanizmaları yoluyla da ortaya çıkabileceğini de göstermektedir (Rodrigues vd., 2015). Yazarlar, bu tür mekanizmalarda bitkinin bir R geninin protein gibi ürünler oluşturduğunu veya spesifik bitki patojenlerine karşı direnç transfer eden savunma mekanizmalarını etkinleştirdiğini açıklamışlardır.



Şekil 2.7. Bir bitki yaprağında kütikula ve epidermal hücreler arasındaki silikon birikintilerinin şeması (Janislampi, 2012).

Birçok çalışma silikonun hem monokotiledon hem de dikotiledon bitki türlerinde hastalıkları kontrol etmede etkili olduğu bildirilmiştir (Datnoff ve Rodrigues, 2005; Rémus-Borel vd., 2005; Fauteux vd., 2006; Guével vd., 2007). Bu nedenle silikon uygulaması hastalık direncini artırmak için etkili bir yöntem olarak kabul edilmiştir (Datnoff ve Rodrigues, 2005; Bockhaven vd., 2013).

Hastalıklar, silikon gübrelemesinin yardımcı olduğu tek biyolojik stres değildir. Hayvanlardan kaynaklanan zararları, özellikle de bitkilere zarar veren böcekleri de kısıtlayan silikon genellikle yaprak epidermisinde veya yaprak yüzeyinde dikenler veya kıllarda biriktirilmektedir (Currie ve Perry, 2007; Hartley vd., 2015; Strömberg vd., 2016). Bu yapılar yaprakları sert ve aşındırıcı hale getirmekte ve otçulları beslenmekten fiziksel olarak caydırmaktadır (Massey ve Hartley, 2006; 2009). Cotterill vd. (2007) ve Hunt vd. (2008) silikon uygulanmış çimlerin hayvanlar, yabani tavşanlar ve çekirgeler tarafından tercih edilme oranlarının silikon uygulanmamış çimlere göre daha az olduğunu belirtmiştir. Ek olarak, silikonun çimlerin sindirilebilirliğini azalttığı (Shewmaker vd., 1989), geniş getiren hayvanlarda mikrobiyal sindirimin yapısal bir inhibitörü görevi gördüğü (Harbers ve Thouvenelle, 1980; Harbers vd., 1981) ve diğer bitki

savunma mekanizmalarını uyardığı belirtilmiştir (Goussain vd., 2005; Fauteux vd., 2006; Ye vd., 2013).

Bitkilerde silikon birikimi çoğunlukla transpirasyonun yüksek olduğu bölgelerde gözlenmiştir. Bitki köklerinin içinde ve üzerinde silikon birikiminin kuraklık tolerans mekanizmalarının bir parçası olarak hizmet edebileceğine dair bazı kanıtlar bulunmaktadır (Janislampi, 2012). Silikon, yüksek sıcaklık ve nem stresi nedeniyle yüksek transpirasyon oranları altında bitki su dengesini, fotosentetik verimi, ve ksilem borularının yapısını koruyarak bitkilerde kuraklık toleransını da artırmaktadır (Hattori vd., 2005). Silikonun bitkilere sağladığı bu yararlı etkiler kök, yaprak, sap ve kabukların hücre duvarlarında silikon birikimine bağlanmaktadır. Ksilem borularının hücre duvarlarındaki silikon birikimleri, kuraklık veya sıcaklık stresi nedeniyle oluşan yüksek terleme koşulları altında kanalların sıkışmasını önlemektedir. Epidermal dokudaki silikon-selüloz membran, bitkileri terleme yoluyla aşırı su kaybına karşı korumaktadır. Bu etki, stoma gözeneklerinin çapındaki düşüş ve sonuç olarak yaprak transpirasyonundaki bir azalma nedeniyle gerçekleşmektedir (Meena vd., 2014). Silikon, yüksek asimilasyon kabiliyeti ve terleme ile su kaybını azaltmada yararlı olan yaprak kalınlaşmasını da sağlamaktadır. Bu nedenle, silikon uygulaması kurak veya yarı kurak bölgelerde mahsullerinin üretimini arttırmak için uygun bir yöntem olabilmektedir (Meena vd., 2014).

Silikon gübrelemesi, endodermisin ikincil ve üçüncül hücrelerinin gelişimini de etkilemekte, böylece kuru topraklarda daha iyi kök direnci ve daha hızlı kök büyümesi sağlanmaktadır (Bouzoubaa, 1991; Hattori vd., 2005). Öte yandan, yüksek silikon birikimi, sap duvar kalınlığının ve vasküler demetlerinin büyümesine, dolayısıyla gövde mukavemetinin artmasına (Aleshin vd., 1978) ve yatmanın azalmasına yol açmaktadır. Silikonun gövdeye birikmesi su kaybını durdurmakta ve bitkinin kuvvetli rüzgârlara dayanmasını sağlamaktadır (IRRI, 1993).

Silikon seviyelerinin artması ile birlikte, bitkilerin kuru ağırlığı, bitki boyu ve kardeşlenme sayısının da arttığı belirtilmektedir (Gerami vd., 2012). Böylece

fotosentez oranını artıran ve klorofil yıkımını önleyen yaprak alanı da artmaktadır (Meena vd., 2014). Adatia ve Besford (1986) silikonun yaprak alanı başına daha fazla kuru ağırlık, daha koyu yeşil yaprak rengi, ışık yakalama için daha iyi konumlanma, yaprakların daha az solma eğilimi, %50 daha fazla klorofil içeriği, gecikmiş yaşlanma ve daha fazla kök ağırlığı gibi bitki morfolojisi üzerindeki bazı olumlu etkileri olduğunu belirtmiştir. Silikon uygulamalarının toplam nispi nem içeriği ve prolin (kuraklık stresine maruz kalan yaprak dokularında oluşan bir amino asi) birikimini büyük ölçüde artırdığı belirtilmektedir (Meena vd., 2014).

Silikon, hücre duvarının ağır metallerle katyon köprüleri oluşturma özelliklerini değiştirerek ve silikonla kompleksler oluşturmasını sağlayarak metabolizmaya verdiği zararları azaltmak suretiyle klorofil, kloroplast gibi hücre organelciklerinin stabilite ve aktivitesini artırmaktadır (Horst ve Marschner, 1978) Silikonun ayrıca kök solunumunu artırdığı da belirtilmektedir (Yamaguchi vd., 1995). Adatia ve Besford (1986) ve Savvas vd. (2007) stres altında olmayan kültür bitkilerine yapılan silikon uygulamasının, yaprak dikliğini sağlayarak büyümeyi artırdığını ve böylece bitkinin ışık alımı ve buna bağlı olarak kanopi fotosentezini artırabilmede etkili olduğunu belirtmiştir. Abiyotik strese maruz kalan bitkilere silikon uygulamasının uygulama yapılmayan stres altındaki kontrol bitkilerine kıyasla fotosentezi artırdığı bildirilmiştir (Ma vd., 2004; Savvas vd., 2009; Zhu ve Gong, 2014). Fasulye (Zuccarini, 2008), salatalık (Zhu vd., 2004), mısır (Li vd., 2007), domates (Romero-Aranda vd., 2006) ve kabak (*Cucurbita pepo*) (Savvas vd., 2009) gibi birkaç bahçe bitkilerinde silikon uygulanmadan aynı tuzluluk seviyesine maruz kalan bitkilere kıyasla silikon uygulanmış bitkilerde tuzluluk tarafından net fotosentezin daha az inhibe edildiği rapor edilmiştir. Silikon uygulaması Ma vd. (2004) tarafından salatalık ve Chen vd. (2010) tarafından pirinçte bildirildiği gibi UV-B radyasyonuna maruz bırakılan kuraklık stresli bitkilerde de fotosentezi artırmıştır. Silikonun bitki büyümesi üzerindeki etkisinin genellikle stres koşullarında daha belirgin olduğunu bildirilmiştir (Adatia ve Besford, 1986; ve Savvas vd., 2007). Ma ve Yamaji (2008) ve Guntzer vd. (2012) de stres

faktörlerinin olmadığı durumlarda kültür bitkilerinin genellikle silikon uygulamasından faydalanamadığını belirtmişlerdir.

Köklerde gerçekleşen silikon birikimi metallerin bağlanma yüzeylerini azaltmakta; bunun sonucu olarak tuzların ve toksik metallerin köklerden sürgünlere doğru taşınması ve alımı düşüş göstermektedir (Meena vd., 2014). Silika ile çöktürülmüş metal iyonları kolayca yer değiştirmez hale gelmekte ve bu özelliği de bitki üzerindeki potansiyel toksik etkileri azaltmaktadır (Richmond ve Sussman, 2003; Ma vd., 2004). Bu sebeple, silikonun toksisite belirtilerini azaltabileceğini kanıtlama eğiliminde olan çalışmaların sayısı giderek artmaktadır (Sarwar vd., 2010). Silikon, köklerin hücre duvarlarındaki metalleri immobilize ederek ve sitozole taşınmasını engelleyerek bitkilerin magnezyum ve kadmiyum toksisitesine toleransını arttırmada önemli bir role sahiptir (Iwasaki vd., 2002; Rogalla ve Römheld, 2002).

Silikon muhtemelen fosforilasyondaki bir artış (Cheong ve Chan, 1973) veya magnezyum konsantrasyonundaki bir düşüş (Ma ve Takahashi, 1990) yoluyla fosfor kullanımını artıran bitki içi bir mekanizma nedeniyle fosfor eksikliğinin belirtileri ve bu eksikliğin verim üzerindeki etkilerini azaltmaktadır (Guntzer vd., 2012). Buna karşılık, aşırı fosfor sağlandığı zaman silikon muhtemelen terleme oranını azaltarak fosfor alımını ve kloroz görünümünü de sınırlandırmaktadır (Ma vd., 2001). Ayrıca silikon aşırı fosfor Emilimini azaltarak aşırı fosforun zarar verici etkilerini de bastırabilmektedir. Çünkü kök endodermal hücrelerinde silikon birikimi (Lux vd., 2003) köklerin fosfor alımını azaltmak için apoplastik bir engel görevi görebilmektedir. Yani; silikon, fosforun hem eksiklik hem de aşırı doz streslerini etkileyebilmektedir. Silikon kaynağı; magnezyum (Shi vd., 2005), demir (Fu vd., 2012) ve borun (Güneş vd., 2007) toksisite belirtilerinin ortaya çıkmasını da önleyebilmektedir. Maksimovic vd. (2012) ve Pavlovic vd. (2013) magnezyum ve demir eksikliklerinin silikon uygulaması ile hafifletilebileceğini bildirmişlerdir. Silikon uygulamasının kök bölgesinde düşük konsantrasyonlarda bulunan potasyum, çinko ve demir alımını artırdığı, kalsiyum alımını azalttığı bulunmuştur (Mehrabanjoubani vd., 2015). Silikonun aşırı alüminyum varlığında bitkiler üzerindeki etkisini

açıklamak amacıyla birçok çalışma yapılmıştır. Silikon ve alüminyum toprakta etkileşime girip toprak çözeltisindeki fitotoksik alüminyum konsantrasyonunu azalttığı varsayılmıştır (Li vd., 1996; Liang vd., 2007). Silikon, mısır, arpa, soya fasulyesi ve sorgumda alüminyum toksisitesini önemli ölçüde azaltabilmektedir. Bununla birlikte, buğday, pirinç, bezelye (*Pisum sativum*) ve pamuk (*Gossypium hirsutum*) gibi diğer türlerde silikon, alüminyum toksisitesinin azaltılmasında etkili olmamıştır (Hodson ve Evans, 1995).

Endodermiste ve bitkilerin hücre duvarlarında silikon birikimi, apoplastik taşımada bir azalma vasıtası ile köklerde ve sürgünlerde sodyum birikimini azaltabilmektedir (Saqib vd., 2008; Tuna vd., 2008, Savvas vd., 2009; Ashraf vd., 2010; Hashemi vd., 2010). Tuzluluk stresi altındaki bitkiler, topraktaki yüksek sodyum ve klor içeriği ve diğer bitki bölgelerinde tuz birikimi nedeniyle düşük su potansiyeli ile karşılaşmaktadır (Romero-Aranda vd., 2001). Bu iyonlar, terleme yoluyla bitkilerin hava ile temas eden organlarına hareket etmekte ve sodyum ve klor toksik bir eşikte olduğunda, farklı bitki dokuları sert şekilde zarar görebilmektedir. Silikonun hidrofilik yapısı, tuzlu iyonlarının zehir seviyelerini azaltabilmekte ve tuz stresinin, bitkilerin suyu emmesi ve depolaması üzerindeki ozmotik etkisini azaltabilmektedir. Stamatakis vd. (2003), Savvas vd. (2007; 2009), Güneş vd. (2007) ve Murillo-Amador vd. (2007) silikon uygulamasının NaCl stresi altındaki bitkilerde klorun yaprak konsantrasyonunu azalttığını bulmuşlardır. Silikonun tuzluluk stresi üzerindeki hafifletici etkisi buğday (Ahmad vd., 1992; Ma, 2004), pirinç (Ma, 2004; Gong vd., 2006), arpa (Bradbury ve Ahmad, 1990; Liang vd., 2003; Ma, 2004), domates (Al-aghaby vd., 2004; Romero-Aranda vd., 2006), salatalık (Yıldırım vd., 2008) ve mısır (Kaya, 2006; Moussa, 2006) bitkilerinde belirtilmiştir. Silikon, sodyumun tuz stresi altındaki kabak (Savvas vd., 2009), arpa (Liang, 1999), fasulye (Zuccarini, 2008), bakla (Shahzad vd., 2013), pirinç (Yeo vd., 1999; Gong vd., 2006), domates (Güneş vd., 2007) ve buğday (Tuna vd., 2008) bitkilerinin sürgünlerine taşınmasını sınırlamıştır.

Dünyada en çok üretilen on mahsulün yedisi silikon akümülatör bitkilerdir (Guntzer vd., 2012). Bu sebeple, silikona verdikleri yanıtları belirlemek

amacıyla birçok kültür bitkisinde çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Pirinç bu bitkilerin başında gelmektedir. Silikonun tarımda en yaygın kullanımı, pirinç ve buğdaygiller familyasına ait diğer bazı ürünlerde gübre olarak uygulanmasıdır. Pirinçte silikon gübrelemesi çalışmalarından elde edilen olumlu sonuçlar sebebiyle, silikon uygulaması pirinç yetiştiren pek çok ülkede rutin bir hastalık yönetim uygulaması haline gelmiştir. Pirinçte silikon uygulaması ekonomik açıdan önemli bazı hastalıkların şiddetini azaltabilmektedir (Ma ve Takahashi, 2002; Chiba vd., 2009; Montpetit vd., 2012; Sasaki vd., 2012; Sakurai vd., 2015). Pirinçte, silikonun yanıklık hastalığını bir fungusit kadar etkin bir şekilde kontrol ettiği ve fungusit uygulamalarının sayısını veya oranını azalttığı belirtilmiştir (Datnoff vd., 2001). Silikonun, pirinç yanıklık hastalığı üzerindeki baskıcı rolü diğer birçok çalışmada da bildirilmiştir (Seebold vd., 2004; Cai vd., 2008). Topraktaki kullanılabilir silikon dioksitin 60 ppm'den 220 ppm'e yükseltilmesiyle pirincin bayrak yaprağındaki silikon içeriğinin %7.4'ten %18.7'ye yükseldiği, boyun çürüklüğü enfeksiyonunun %8.6'dan %1.5'e ve pembe sap kurdu enfeksiyonunun %33.6'dan %6.6'ya düştüğü bildirilmiştir (Meena vd., 2014).

Silikon, pirinçte gövde oluşumunda ve tane kalitesinde de önemli bir rol oynamaktadır (Savant vd., 1997). Ma ve Takahashi (2002) pirince silikon uygulamasının %17'ye varan verim artışı ile sonuçlandığını belirtmiştir. Chen vd. (2010) kuraklık stresli pirince 1.5 mM silikon uygulamasının, toplam kök uzunluğu, yüzey alanı, hacmi ve kök aktivitesini önemli derecede artırdığını tespit etmişlerdir. Yazarlar ayrıca, silikonun yaprak başına fotosentez oranını da artırdığını belirtmişlerdir. Aynı yazarlar kurağa duyarlı bir hatta terleme oranını %19, kurağa dayanıklı bir hatta %53 artırdığını bulmuşlardır. Araştırmacılar iyi sulama koşullarında silikon uygulamasının K, Na, Ca, Mg ve Fe yaprak doku konsantrasyonlarında önemli değişiklikler olmadığını, kurak koşullarda bu elementin konsantrasyonlarının azaldığını, fakat klorofil konsantrasyonunu artırdığını bulmuşlardır. Bu çalışmada silikon uygulaması sadece yaprak Si içeriğini artırmıştır. Ma ve Takahashi (1993), pirinç bitkilerinin sürgün dokularındaki Ca azalmasının, silikonun Ca emilimini baskılamasının sonucu olabileceğini bildirmiştir. Singh vd. (2006) 180 kg/ha silikonun pirinçte N ve P

içeriğini artırdığını ve bunun da kuru ağırlık ve verim artışı sağladığını bildirmişlerdir.

Ma vd. (2008) silisilik asidin hidrofonic ortamda yetişen pirinç sürgünlerinde As (arsenik) konsantrasyonunu azalttığını belirtmişlerdir. Silikon içeren gübre kullanarak toprağın zenginleştirilmesi, pirincin silikon alımının %32'ye kadar artmasına neden olmuştur ve bu alım *Diatraea saccharalis* larvalarının silikon uygulanmış pirinç bitkilerinde hem nispi büyüme hızında hem de doğum başarısında önemli bir düşüşe yol açmıştır (Sidhu vd., 2013). Tersine, Cloyd (2009) ve Hogendorp vd. (2012)'nin yaptığı sera çalışmaları, silikon bazlı gübrelerin uygulanmasının keman yapraklı kauçuğun (*Ficus lyrata*) silikon alımını artırmadığını ve silikonun böcek zararını engellemediğini göstermiştir. Bunu da keman yapraklı kauçuk gibi bahçe bitkilerinin silikon biriktirme konusundaki yetersizliklerine bağlamışlardır.

Mauad vd. (2003) azot ve silikon gübrelemesinin 'IAC 202' pirinç çeşidinin verim bileşenleri üzerine etkisini belirlemek amacıyla 3 farklı oranda (5, 75 ve 150 mg/kg N) üre ($\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$) ve 4 farklı oranda (0, 200, 400 ve 600 mg/kg SiO_2) kalsiyum silikat uygulayarak bir deneme gerçekleştirmişlerdir. Artan N uygulamasıyla birlikte salkım sayısı artış göstermiştir. Silikon gübrelemesi başak başına düşen boş başakçık sayısı ve tane ağırlığını azaltmıştır. Çeşitli yazarlar da silikonun pirinçte her bir başak başına düşen başakçık sayısını (Ma vd., 1989; Deren vd., 1994; Takahashi, 1995), başakçık verimliliğini (Takahashi, 1995) ve tane ağırlığını (Balastra vd., 1989) artırdığını belirtmişlerdir.

Kültür bitkilerinde en fazla çalışma yapılan bitkilerden biri de buğdaydır. Ahmad vd. (1992), buğdayda silikonun çimlenme ve vejetatif büyüme aşamalarında tuz toleransındaki olası rolünü belirlemek için bir çalışma yapmışlardır. Silikon ilavesi bitkileri tuz stresinden önemli ölçüde korumuştur. %0.6 tuzluluk oranında sürgün kuru ağırlığı, silikon ilavesi ile önemli ölçüde artarken, kök kuru ağırlığı silikon uygulamasından etkilenmemiştir. Yazarlar tuz stresli buğdaya sağlanan 0,33 mM silikonun yaprak sodyum içeriğini azalttığını, ancak klorofil içeriğini etkilemediğini bildirmiştir. Köklerdeki silikon

konsantrasyonları ise artan tuzluluk ve silikon seviyeleri ile birlikte artış göstermiştir. Silikon uygulanan bitkilerin, silikon uygulanmayan bitkilere göre daha büyük bir yaprak ağırlık oranına ve daha küçük bir spesifik yaprak alanına sahip olduğu bildirilmiştir. Yazarlar, sonuç olarak buğdayda tuzluluk toleransının, az miktarlarda silikon besin çözeltisi sağlandıktan sonra önemli ölçüde arttırılabileceği bildirmiştir. Tuza duyarlı ve tuza dayanıklı buğday çeşitleri karşılaştırıldığında, Tuna vd. (2008) silikonun tuz stresini sodyumun yapraklara taşınmasının engellenmesi ve/veya sodyumun köklerde spesifik olarak birikmesi yoluyla hafifletebileceğini belirtmiştir.

Gong vd. (2003) silikonun kuraklık altında yetiştirilen buğdayın büyümesi üzerine etkilerini belirlemek amacıyla bir deneme gerçekleştirmişlerdir. Yazarlar kuraklık koşullarında yetişen buğdaya ekimden sodyum silikat uygulamasının yaprak nispi su içeriğinde %2.7'lik artışa ve yaprak su potansiyelinde önemli bir artışa yol açtığını bulmuşlardır. Araştırmacılar silikon uygulamasının iyi sulama koşullarında buğdayın kuru madde ağırlığını ve bitki boyunu arttırdığını ve daha fazla yaprak alanı sağlayarak kuraklık koşullarında büyümeyi iyileştirdiğini tespit etmiştir. Yazarlar, silikon uygulamasının buğdayın büyümesini ve kurak veya yarı kurak alanlarda üretimini arttırmak için kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

Mali ve Aery (2008a) buğdayda düşük silikon konsantrasyonlarında bile hidroponik ortamdan ve topraktan fosfor alımının artırıldığını belirtmişlerdir. Yazarlar buğdayın artan sodyum silikat oranlarıyla gübrelendiğinde, daha fazla azot ve kalsiyum alımı gözlemlemiştir. Mukkram vd. (2006) buğdayda tuz stresi altında silikonun Na alımının azalmasına bağlı olarak büyüme ve verimi arttırdığını bulmuşlardır. Buğdayda, silikonun birçok hastalık ve mantar saldırıları üzerinde yararlı etkileri olduğu belirlenmiştir (Rodgers-Gray ve Shaw, 2004). Abro vd. (2009) buğdayda %0.25-0.50 oranlarında silisik asit uygulamasıyla çimlenme oranının arttığını; uygulama seviyesinin bu limiti aştığında ise çimlenme oranı ve verimin düştüğünü bildirmişlerdir. Yazarlar bu nedenle, düşük miktarlarda silikonun tahıl verimini ve tahıl bitkilerinin büyümesini arttırmada yararlı olabileceğini belirtmişlerdir.

Önemli bir gıda maddesi olan mısırdaki da silikon gübrelemesi üzerine birçok çalışma yapılmıştır. Kaya vd. (2006) kuraklık stresli mısırdaki 2 mM sodyum silikatın, kök kuru kütlesini ve bütün bitki kuru kütlesini artırdığını belirtmişlerdir. Ayrıca yazarlar kalsiyum silikatın elektrolit sızıntısını %18 oranında azalttığını belirtmiştir. Silikonun yaprak nispi su içeriğini de %27 artırdığını belirten yazarlar, yine uygulama sonucu klorofil içeriği ve kök kalsiyum içeriğinin arttığını ve prolin içeriğinin azaldığını belirtmişlerdir. Bakhat vd. (2009) stressiz koşullarda çözelti kültürüne 0.8 mM sodyum silikat tedarik edilen mısırın, aynı koşullar altında silikon içermeyen mısırlardan daha fazla yaprak alanı ve biyokütleyle sahip olduğunu belirtmişlerdir. Gao vd. (2004) de çözelti kültüründe polietilen glikol (PEG) ozmotik stresine maruz kalan mısır bitkisine 2 mmol/l silikon uygulamasının hem alt hem de üst yaprak yüzeyi terleme oranlarını ve iletkenliğini önemli ölçüde azalttığını, ancak kütikuladan terleme oranını ve iletkenliği etkilemediğini tespit etmişlerdir. Yazarlar, bu bulguların kök yüzeylerinde silikon polimerlerinin oluşumuna yol açan aşırı bir silikon arzı nedeniyle olabileceğini belirtmişlerdir.

Silikon gübrelemesi buğdaygiller familyasından olan arpada da yoğun bir şekilde çalışılmıştır. Arpanın çözelti kültüründe silikonun mangana karşı hafifletici rolü de ilk kez 1957'de keşfedilmiştir (Williams ve Vlamis, 1957). Silikonun arpa yapraklarındaki bütün mangan miktarını etkileyemese de, manganı bütün yaprak boyunca eşit şekilde dağıtabileceği ve manganın farklı nekrotik noktalara konsantre olmasına izin vermeyeceği belirtilmiştir (Shi vd., 2005). Hammond vd. (1995) silikon ilavesinin arpada alüminyum toksisitesini hafifletebildiğini göstermiştir. Silikon uygulaması, arpa kuru ağırlığını, silikon içermeyen bitkilere göre sırasıyla 20 ve 30 günlük büyüme sürelerinde %21 ve %54 artırmıştır (Kudinova vd., 1974). Silikonla gübrelenmiş bir araziden toplanan arpa tanelerinin, silikonlu gübre uygulanmayan arazilerden elde edilen tanelerden daha iyi bir çimlenme kapasitesine sahip olduğu belirtilmiştir (Matichenkov, 1990). Tuzlu topraklarda silikon arpada besin maddelerinin daha iyi emilimine olanak sağlayan plazma membran geçirgenliğini azaltmış ve kök aktivitesini artırmıştır (Liang vd., 1996; 2003). Silikon uygulaması arpa sürgünlerinde sodyum konsantrasyonunu azaltmıştır (Liang, 1999).

En fazla silikon biriktirme eğilimine sahip olan bitkilerden şeker kamışı da silikona karşı olumlu yanıtlar vermiştir. Viator vd. (2004) şeker pancarının LCP 85-384 çeşidinde ekim zamanında 4.5 mg/ha kalsiyum silikat cürufu uygulamasıyla toplam verimin 3700 kg/ha arttığını belirtmiştir. Aynı şekilde, Tubana vd. (2012) kalsiyum silikat uygulamasının şeker pancarında verimi 1450 kg/ha artırdığını rapor etmiştir. Silikonun şeker kamışı üretimi için 'agronomik olarak gerekli' kabul edildiği birçok yazar (Chen ve Lewin, 1969; Fox ve Silva, 1978; Lux vd., 1999; Pilon-Smits vd., 2009) tarafından belirtilmiştir.

Ülkemizde de ekimi gündün güne yaygınlaşmakta olan yem bitkisi sorgum da silikon gübrelemesine olumlu tepkiler vermektedir. Sonobe vd. (2009) silikon uygulamasının stressiz hidroponik sorgum üzerinde hiçbir etkisi olmadığını, ancak PEG stresine maruz kalan hidroponik sorgumda kuru kütle azalışını hafiflettiğini belirtmişlerdir. Sonobe vd. (2010) tarafından sorgum köklerinde ozmotik düzenlemenin silikon kaynaklı bir etkisi olduğu belirtilmiştir. Lux vd. (2002) kuraklığa dayanıklı bir sorgum çeşidinde yüksek kök endodermal silisleşmesi olduğunu belirtmiş ve bu silisleşmenin kuraklık toleransı ile ilişkili olabileceğini öne sürmüştür. Hattori vd. (2005), 1.66 mM silikon uygulanan ve kuraklık stresli sorgumda stoma iletkenliğinde bir artış gözlemlemiştir. Yazarlar potasyum silikatın sorgum bitkisinde kuraklık stres koşullarında kuru ağırlıktaki düşüşü yaklaşık %25 oranında azalttığını gözlemlemiştir. Ahmed vd. (2011) silikon uygulamasının sorgumun kuraklık toleransını, su alma kabiliyetini artırarak iyileştirmede faydalı olabileceğini belirtmişlerdir.

Çekirdekleri ve yağı için yetiştirilen ayçiçeği bitkisi de bazı silikon gübrelemesi çalışmalarının odağını oluşturmuştur. Güneş vd. (2008), kuraklık stresi altındaki 12 ayçiçeği çeşidine silikon uygulamasının çoğu çeşitte Si, K, S, Mg, Fe, Cu, Mn, Na, Cl, Al, V (vanadyum), Sr (strosinyum), Rb (rubidyum), Ti (titanyum), Cr (krom) ve Ba (baryum) alımını önemli ölçüde artırdığını; Zn, Mo, Ni (nikel) ve Br (brom) alımı etkilemediğini belirtmişlerdir. Yazarlar silikonun ayçiçeği dokusundaki hidrojen peroksiti (H₂O₂) azalttığını ve prolin içeriğini artırdığını belirtmiştir. Ayrıca, silikonun ayçiçeği yapraklarının nisbi su içeriğini artırdığını

belirten yazarlar toprağa uygulanan sodyum silikatın 12 ayçiçeği çeşidinin 6'sında kuraklığın olumsuz kuru kütle azaltma etkilerini hafiflettiğini belirtmiştir.

Janislampi (2012)'nin yaptığı bir çalışmada, silisik asit gübrelemesinin mısır, buğday, soya fasulyesi ve pirinç bitkilerinin büyüme ve kuraklık toleransı üzerindeki etkisi analiz edilmiştir. Silikon genel olarak kuraklık ve tuz stresi toleransı ve kuru kütle artırmıştır. Hidrofonik çözelti içindeki silikon oranı arttıkça, yaşlı mısır yapraklarındaki silikon içeriği yükselmiştir. Silikon tedariğinin diğer bazı besin maddelerinin konsantrasyonu üzerinde istatistiksel olarak anlamlı etkileri gözlenmiştir. Pirinç en fazla yaprak silikonu, mısır ve buğday konsantrasyonu orta düzeyde ve soya fasulyesi en az silikon biriktirmiştir.

Birçok araştırma, salatalık, kabak, fasulye, domates gibi çeşitli bahçe bitkilerine silikon tedariğinin, büyüme ve verim artışına neden olabileceğini göstermiştir (Miyake ve Takahashi, 1983; Savvas vd., 2007; 2009; Zuccarini, 2008; Toresano-Sánchez vd., 2012). Serada yetiştirilen fasulyeye 1.5 mM silikon uygulaması, özellikle yapraklardaki doku sodyum içeriğini azaltarak NaCl tuzluluğunun sebep olduğu büyüme kısıtlamasını hafifletmiştir (Zuccarini, 2008). Hamayun vd. (2010) tuzluluk ve kuraklık stresli soya fasulyesine 100 mg/l ve 200 mg/l silikon eklenmesiyle NaCl ve PEG'ün bitki büyümesi üzerindeki sürgün uzunluğu, sürgün kütlesi, kök kütlesi ve klorofil içeriği açısından olumsuz etkilerinin hafifletildiğini belirtmişlerdir. Araştırmacılar soya fasulyesinde silikonun kuraklık stresinden tuzluluğun azaltılmasında daha etkili olduğu sonucuna varmıştır. Lee vd. (2010) soya fasulyesine 2.5 mM silikon ilavesinin hidrofonik olarak yetiştirilen bitkilerde, büyüme özelliklerini önemli ölçüde geliştirdiği ve NaCl'ün neden olduğu tuz stresinin olumsuz etkilerini azalttığı için faydalı olduğunu belirtmişlerdir. Yazarlar, soya fasulyesi bitkilerine silikon uygulanmasının, klorofil içeriğini artırdığını, absisik asit ve prolin içeriğini azalttığını ve giberellin içeriği üzerinde bir etkisi olmadığını belirtmiştir. Shen vd. (2010)'ne göre, 1.7 mM silikon ilavesi PEG stresine maruz kalan soya fasulyesinin yaprak nispi su içeriği, kuru kütlesi ve terlemeyi artırdığını

belirtmişlerdir. Ayrıca, yazarlar silikonun klorofil içeriği üzerine bir etkisi olmadığını bildirmişlerdir.

Salatalıkta silikon uygulaması fazla mangan (Maksimovic vd., 2007) ve demirin (Gonzalo vd., 2013; Pavlovic vd., 2013) neden olduğu toksisiteleri hafifletmiştir. Ayrıca, Zhu vd. (2004) besin çözeltisine 1 mM silikon ilavesinin, NaCl tuzluluğunun salatalık üzerindeki olumsuz etkilerini hafifletebildiğini belirtmiştir. Salatalık sürgünlerinde silikon içeriğinin artırılması, küllleme oranının azalmasına yol açmıştır (Miyake ve Takahashi, 1983; Kanto, 2002). Gonzalo vd. (2013) salatalığa silikon ilavesi, sap kuru ağırlığı, sap uzunluğu, nod sayısı ve sap ve kök demir içeriğinin azalmasını geciktirdiğini, ancak yapraklarda kloroz belirtilerini etkilemediğini belirtmiştir.

Stamatakis vd. (2003) tarafından bildirildiği gibi, stressiz domatese silikon uygulaması meyvenin besinsel değerini artırırken, NaCl tuzluluğunun neden olduğu verim düşüşünü azaltmıştır. Ayrıca, 2.5 ve 5.0 mM uygulanan silikon domates büyümesini önemli ölçüde artırmıştır (Güneş vd., 2007). Cherry domatesin sulama suyuna monosilik asit uygulaması verimi ve meyve sayısını artırmıştır (Toresano-Sánchez vd., 2012). Romero-Aranda vd. (2006) silikon uygulamasının NaCl uygulanmış domates bitkilerinde yaprak alanında artışa yol açtığını belirtmiştir. Öte yandan, yazarlar silikonun bitki büyümesi üzerindeki tuzluluğun inhibe edici etkisini azaltmasına rağmen, yüksek dış NaCl konsantrasyonu koşulları altında domatesteki Na ve Cl alımı üzerinde silikonun herhangi bir etkisini bulamamıştır. Araştırmacılar silikon uygulamasının tuz stresli domates bitkilerinde su depolama ve su kullanım verimliliğinde artışa yol açtığını bildirmiştir.

Crusciol vd. (2009) kalsiyum ve magnezyum silikatın toprağa uygulamasının kuraklık koşullarında patatesteki prolin konsantrasyonlarını artırdığını bulmuşlardır. Yazarlar, patatesteki silikon uygulamasının iyi sulama koşullarında sap devrilmesi ve yumru kalitesini azalttığını, ortalama yumru ağırlığı ve verimini artırdığını bildirmiştir. Pulz vd. (2008) kalsiyum ve magnezyum silikat gübrelemesinin, kuraklık stresi altındaki patatesin fosfor ve magnezyum

içeriğini artırdığını ancak azot içeriğini azalttığını bildirmiştir. Yazarlar kalsiyum ve magnezyum silikat kullanımının patates bitkisinin boyunu artırdığını, sap yatmasını azalttığını ve kuraklık koşullarında pazarlanabilir yumru köklerinin verimini artırdığını tespit etmiştir.

Dakora ve Nelwamondo (2003) hidrofonic kültürde yetiştirilmiş bürülceye silikat uygulaması sonucu kök büyümesinin anlamlı bir şekilde arttığını belirtmiştir. Mali ve Aery (2008b) bürülcenin artan sodyum metasilikat oranlarıyla gübrelendiğinde, daha fazla azot ve kalsiyum alımı gözlemlediklerini belirtmişlerdir. Araştırmacılara göre sodyum metasilikat uygulaması bürülcede nodülasyonu ve biyolojik N fiksasyonunu artırırken, Iwasaki vd. (2002)'ne göre, aynı bitki türlerine silikon uygulaması mangan toksisitesini hafifletmiştir.

Kavunda sodyum silikatın hidrofonic besin solüsyonuna dâhil edilmesi daha erken çiçeklenme ile sonuçlanmıştır (Gang ve Jiashu, 2001). Yapraktan silikon uygulamasının üzüm (*Vitis vinifera*) ve kavunda yaprak büyümesine yardımcı olduğu bildirilmiştir (Bowen vd., 1992; Menzies vd., 1992). Silikonun doğrudan toprağa uygulanması, çilekte aşırı kadmiyum alımını engellemiştir (Treder ve Cieslinski, 2005). Bir başka çalışmada çilek silikona yanıt olarak büyümeyi artırmıştır (Wang ve Galletta, 1998). 17.0 mM silikonun yapraktan uygulandığı zaman çilekte büyümeyi artırdığı bildirilmiştir (Wang ve Galletta, 1998).

Silikon gübrelemesinin faydaları farklı bilim insanları tarafından bahçecilik ve çiçekçilik alanında da araştırılmıştır (Kamenidou, 2002; Frantz vd., 2008; Kamenidou vd., 2009; Hogendorp vd., 2012). Mattson ve Leatherwood (2010) 100 g/l silikonu 21 süs bitkisine topraktan uygulamıştır. Özellikle, silikon takviyeli bitkilerde yaprak silikon konsantrasyonları %13-145 daha fazla olup silikon; bitki boyu, çapı, taze ve kuru ağırlığı, çiçek çapı ve yaprak kalınlığını artırmış veya azaltmıştır. Birkaç çalışma da silikonun gül üzerindeki biyolojik uyarıcı etkisine işaret etmektedir. Gül çeliklerine 50 ve 100 ppm silikonun püskürtülerek uygulanması sonucu köklenme yüzdesi ve yeni yaprak çıkışı artmıştır (Gillman ve Zlesak, 2000). Savvas vd. (2007) 2 mM silikonun hidrofonic olarak yetişen tuz stresli ve stressiz gülde, her iki tuzluluk düzeyinde

de bitki büyümesini önemli ölçüde artırdığı bildirilmiştir. Uygulamalar bitkilerin genel görünümünü iyileştirmiş ve düşük tuzluluk seviyesinde bitki başına daha fazla çiçekle sonuçlanmıştır. Bununla birlikte, silikon, NaCl tuzluluğunun çiçek kalitesi üzerindeki olumsuz etkilerini iyileştirememiştir. Başka bir çalışmada, Hwang vd. (2005) kesme çiçek üretimi için yetiştirilen minyatür gülde (*Rosa hybrida* 'Pinocchio') silikon uygulamasının çiçek sapı uzunluğu ve toplam verimi artırdığını belirtmişlerdir. Soundararajan vd. (2015) silikon uygulanmamış tuz stresli bitkilere kıyasla silikon uygulanan bitkilerin tuzluluğa maruz kalan karanfilin (*Dianthus caryophyllus* 'Tula') büyümesinin arttığını gözlemlemişlerdir. Richter (2001) farklı *Gerbera sp.* çeşitlerinin silikon ile gübrelenmesiyle vazo ömrünün uzatılabileceğini ve bükük boyunlu çiçek sayısının azaltılabileceğini belirtmiştir. Savvas vd. (2002) silikonu besin çözeltisi aracılığıyla topraksız *Gerbera sp.*'ye uygulamasıyla daha kalın çiçek sapları ve daha fazla sayıda 1. kalite çiçek gözlemlemişlerdir. Ayrıca, Kamenidou vd. (2010) 200 mg/l potasyum silikat toprağa uygulandığında, *Gerbera sp.* çiçek saplarında bazal ve apikal çaplarda artış, 50-100 mg/l yapraklara potasyum silikat spreyleneceğiyle daha uzun çiçekler ve daha geniş çiçek çapları elde etmiştir. Kamenidou vd. (2008) tarafından bildirildiği gibi, 50 mg/l konsantrasyonunda topraktan silikon uygulaması, çiçek sapı kalınlığı ve uzunluğunu artırarak, süs ayçiçeği (*Helianthus annuus* 'Ring of Fire') kalitesi ve çiçek başı çapını kontrollere göre artırmıştır. Şakayığa (*Paeonia lactiflora*) yaprak spreyleneceği yoluyla silikon uygulaması, devrilmeye karşı direnci ve çiçek sapının mekanik mukavemetini artırmıştır (Zhao vd., 2013). Benzer çalışmalar da (Kamenidou, 2002; Kamenidou vd., 2009) silikon uygulamasının bazı kesme çiçeklerin birkaç özelliğini geliştirdiğini ortaya koymuştur. Frantz vd. (2008) yüksek miktarlarda silikon alan ve biriktiren birçok çiçek türü (*Zinnia elegans*, *Impatiens hawkeri*, *Verbena sp.* ve *Calibrachoa sp.*) olduğunu belirtmiştir. Ayrıca, bu kanıtlar silikon alımının sadece birkaç bitki türüyle sınırlı olduğunu gösteren daha önceki filogenetik çalışmalarla da çelişmektedir.

Silikonun meyve ağaçlarında biyostimulant olarak kullanımı hakkında da çalışmalar yapılmıştır. Wutscher (1989)'e göre, besin çözeltisi yoluyla 66 mg/l silikon uygulaması genç portakal ağaçlarında (*Citrus sinensis*) büyüme

artırmıştır. Bir başka denemede, portakala silikon uygulaması meyve şeker içeriğini önemli ölçüde artırmıştır (Matichenkov vd., 1999). Sulama suyunda artan monosilik asit konsantrasyonu greyfurt (*Citrus x paradisi*) kök ağırlığını artırmıştır (Matichenkov vd., 1999). Wang vd. (2001)'ne göre, elma ağaçlarına (*Malus domestica*) silikon uygulaması verim, olgunlaşma süresi, meyve büyüklüğü ve görünüm kalitesini artırmıştır. Hasat sonrası donma zararı limonda (*Citrus limon*) 50 mg/l konsantrasyonunda potasyum silikat uygulanmasıyla önemli derecede azaltılmıştır (Mditshwa vd., 2013). Silikonun gübre uygulamasının turunçgil gelişimi ve meyve olgunlaşmasını 2-4 hafta hızlandırdığı ve meyve miktarını artırdığı belirtilmektedir (Taranovskaia, 1939).

Silikon aynı zamanda *Zoysia sp.*, *Stenotaphrum sp.*, *Agrostis sp.*, *Lolium sp.* ve *Cynodon sp.* gibi sıcak ve serin iklim çim bitkilerinde hastalıkların bastırılmasında da etkili olmuştur (Saigusa vd., 2000; Gussack, 1998; NCSU, 1997; Rondeau, 2001; Schmidt vd., 1999; Uriarte vd., 2004; Datnoff ve Nagata, 1999; Brecht vd., 2004; Nanayakkara vd., 2005). Hamel ve Heckman (2000) *Poa pratensis*'te (çayır salkım otu) külleme hastalığı oluşumunun silikon uygulamasıyla azaldığını belirtmiştir. Yaprak lekesi (*Sclerotinia homoeocarpa*) ve kahverengi yama (*Thanatephorus cucumeris*) şiddeti *Agrostis stolonifera*'da (stolonlu tavusotu) silikon gübrelemesi sonucu azalmıştır (Uriarte ve Bowman, 1996; Gussack vd., 1998). Datnoff ve Nagata (1999) silikonun sera koşullarında *Stenotaphrum secundatum*'da (yengeç çimi) gri yaprak lekesi gelişimi üzerindeki etkisini araştırmıştır. Silikonun gri yaprak lekesi hastalık şiddeti ve bütün bitki enfeksiyonunu azalttığını göstermişlerdir. Yazarlar silikonun gri yaprak lekesi gelişimini kontrol etmede bir fungusit kadar etkili görüldüğünü belirtmiştir. He vd. (2009) Yu vd.'nin yayınlanmamış verilerine göre Güney Çin'in tropikal ve subtropikal bölgelerinde tarla denemesinde, silikon uygulamasından sonra çimin daha kuvvetli bir şekilde büyüdüğü ve yeşil kalma periyodunun uzadığını belirtmiştir.

Ibrahim vd. (2015) farklı sulama oranları ve potasyum silikat gübre oranlarının *Trifolium alexandrinum* var. Fahl'ın (İskenderiye üçgülü) tohum verimi, kalite ve

toprak özellikleri üzerindeki etkisini incelemek amacıyla bir deneme yapmışlardır. Bu amaçla, 3 sulama rejimi (3000 m³, 3600 m³ ve 4200 m³) ve toprağa spreyci olarak 3 potasyum silikat oranı (2, 4 ve 6 ml/l) uygulanmıştır. Sonuçlar, 2 ml/l potasyum silikat ile 4200 m³ sulama oranının daha iyi sonuçlar (bitki boyu, dal sayısı, tohum sayısı, tohum verimi gibi) verdiğini göstermektedir. Laboratuvar testlerinde, 1000 tohum ağırlığı, % çimlenme, fide canlılığı, sürgün uzunluğu, taze ve kuru fide ağırlığı 4200 m³ sulama oranı ve 2 ml/l potasyum silikat uygulaması ile daha yüksek olduğu belirtilmiştir. 2 ml/l potasyum silikat uygulaması ve 3000 m³ sulama oranı sonucu tohumlardaki protein miktarını artarken, 4 ml/l potasyum silikat uygulaması ve 4200 m³ sulama oranı sonucu karbonhidrat miktarı artmıştır ve 4 ve 6 ml/l potasyum silikat uygulaması ve 3000 m³ sulama oranı ile tohumda Fe, Zn ve Cu içeriği artış göstermiştir.

Trenholm vd. (2001) silikon uygulamasının genel büyüme, kalite, yıpranma toleransı ve yıpranma sonrası geri gelme üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla iki farklı *Paspalum vaginatum* ekotipine (AP 10 ve SIPV-2) iki farklı oranda (1.1 ve 2.2 kg/ha Si) yapraklı ve bir oranda (22.4 kg/ha Si) topraktan potasyum silikat uygulanmıştır. Ayrıca, K kontrolü olarak 15.6 kg/ha potasyum klorür (KCl) uygulanmıştır. Yıpranma testi yapılmayan parsellerde en iyi çim kalitesi, sadece en yüksek oranlardaki silikon ve aynı zamanda tek başına K uygulamasında gözlenmiştir. Silikon konsantrasyonunun artırılması çim kalitesini azaltırken, yaprak dokusu K konsantrasyonu ile çim kalitesi arasında pozitif bir ilişki tespit edilmiştir. Yıpranma toleransı tek başına K ya da yüksek silikon ve K oranı ile artış göstermiştir. Tek başına K veya silikon ve K uygulaması yıpranma hasarını azaltmıştır. Yazarlar artan doku Si konsantrasyonlarının ortalama çim kalitesi, ortalama renk ve ortalama yoğunluğu azalttığını belirtmişlerdir. Yüksek K seviyeleri ortalama çim kalitesi, ortalama renk ve ortalama yoğunluğu artırmıştır. Yazarlar, bu artışların silikona değil potasyuma bir cevap olduğu anlamına geldiğini belirtmiştir. Toprak silikon uygulaması, bu değerlendirmelerde en yüksek istatistiksel kategoride yer alırken ardından K uygulaması gelmiştir. Kontrol ve düşük oranda yaprak uygulaması yapılmış araziler ağırlıklı olarak en düşük istatistiksel kategoride

yer almıştır. 1. yıl kontrol, düşük oranda yaprak uygulaması ve toprak uygulaması sonucu yapılan araziler, silikon içeriği bakımından en yüksek istatistiksel grupta yer almıştır. 2. yıl silikon uygulanan alanların tümü kontrole göre silikon içeriğinde yüksek değerlere sahip olmuştur. 1. yılda yaprak K içeriği en fazla topraktan uygulama ve tek başına K uygulaması yapılan parsellerde belirlenmiştir. 2. yılda yaprak K içeriği bakımından farklılık gözlenmemiştir. K ve Si konsantrasyonları arasında her iki yılda da antagonistik bir etki bulunmuştur. Gübreleme uygulamaları, doku besin seviyeleri ve hücre duvarı bileşenleri üzerinde sadece küçük etkiler yaratmıştır ve daha yüksek miktarlarda silikon uygulanması, doku silikon içeriklerini artırmamıştır.

Saigusa vd. (2000) *Zoysia japonica* 'Miyako'ya kalsiyum silikat uygulamasının yıpranma, böcek ve hastalık toleransı üzerine etkilerini belirlemek amacıyla Japonya'da bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Yazarlar 100 ve 300 g/m² kalsiyum silikat uygulaması yapılan çim yapraklarının kontrol uygulamalarına göre sırasıyla %18 ve %26 daha fazla silikon içerdiğini belirtmişlerdir. Yine, 300 g/m² kalsiyum silikat uygulamasıyla *Rusidrina depravata* larvalarının çim yapraklarını yeme miktarı kontrole kıyasla %41 oranında azalmıştır. Kahverengi yamadan etkilenen hastalık şiddetinin kalsiyum silikat uygulamasıyla azaldığı belirtilmiştir. Sonuç olarak, yazarlar kalsiyum silikatın *Zoysia japonica* 'Miyako'nun yıpranma, böcek ve hastalık toleransını artırmak için etkili bir materyal olduğunu belirtmişlerdir.

Linjuan vd. (1999) üç farklı silikon konsantrasyonu (0 mM, 1.7 mM ve 5.0 mM) içeren besin solüsyonunda yetişen *Agrostis stolonifera* ve *Zoysia japonica* bitkilerinin büyümesine silikonun etkisinin belirlenmesi amacıyla bir sera denemesi gerçekleştirmişlerdir. Sonuçlar silikonun sertliği, elastikliği ve trafik toleransını artırdığını göstermiştir. Silikon uygulamaları ayrıca gündüz 45 °C ve gece 35 °C'yi aşan sıcaklıklarda *Agrostis stolonifera* bitkisinin sıcaklık toleransını da artırmıştır. Besin solüsyonu silikon içeren bitkiler kontrol bitkilerine kıyasla daha fazla taze biyokütle oluşturmuşlardır. 5.0 mM silikon içeren besin solüsyonu her iki türde de kök uzunluğu, kök ve yaprak taze ağırlığını artırmıştır. 1.7 mM ve 5.0 mM silikon uygulaması *Zoysia japonica*'nın kök

büyümesine önemli derecede etki etmemiştir. Fakat aynı uygulama *Agrostis stolonifera*'nın büyümesini önemli derecede artırmıştır. Yapılan analizler sonucu silikon uygulaması yapılan bitkilerin kontrol bitkilerine göre daha fazla P ve silikon alımı yaptığı gözlenmiştir. Yazarlar bu sonuçların çimlere silikon uygulamasının stres toleransı artırmak için iyi bir bakım yöntemi olduğunu gösterdiğini belirtmişlerdir.

Schmidt vd. (1999) potasyum silikat uygulamasının *Agrostis palustris*'in (sürünücü tavusotu) fotosentez, süperoksit dismutaz aktivitesi ve hastalık toleransına karşı etkilerini araştırmak amacıyla bir deneme gerçekleştirmişlerdir. Bu amaçla, ayda iki kez 6,03 ve 12,05 ml/m² oranında potasyum silikat uygulanmıştır. Özellikle yüksek oranda yapraktan silikat uygulaması, *Agrostis palustris*'te antioksidan süperoksit dismutaz aktivitesini uyarmıştır. 6,03 ml/m² silikat uygulaması fotosentetik kapasiteyi ve klorofil içeriğini artırmıştır. Yazarlar, yapraktan silikon uygulamasının özellikle bitkilerin yaz aylarında çevresel streslerden etkilendiği dönemlerde klorofil içeriğini artırarak fotosentetik kapasiteyi önemli ölçüde artırdığını göstermişlerdir. *Sclerotinia homeocarpa* hastalık insidansı, her iki oranda silikat uygulamasında da önemli ölçüde azalmıştır. Sonuçlar, çimin kuraklık ve çim hastalık toleransını arttırmak için silikatın kullanılabileceğini göstermektedir.

Başka bir çalışmada, Ma ve Takahashi (2002) yapraktan 1.1 kg/ha ve 2.2 kg/ha ve topraktan 22.4 kg/ha potasyum silikat uygulamasının *Paspalum vaginatum* türünde yıpranma toleransını yaklaşık %20 oranında azalttığını belirtmiştir. *Agrostis palustris* 'Penncross', 50 ve 100 mg/l silikon uygulamasına cevap olarak kuru ağırlığını artırmıştır (Gussack vd., 1998). Yazarlar silikon uygulaması *Agrostis palustris*'in büyüme ve gelişiminin arttığını belirtmişlerdir.

Sarto vd. (2016) kalsiyum silikat uygulamasının *Brachiaria sp.* (kolotu) bitkilerinde silikon içeriğini arttırıp arttırmadığını belirlemek amacıyla bir çalışma yapmışlardır. Bu amaçla 3 toprak ve 5 silikat oranı kullanılmıştır. Toprağa kalsiyum silikat uygulaması yapraklardaki silikon konsantrasyonunu artırmıştır. Silikon bitkilerde iç CO₂ konsantrasyonunu azaltmış ve su kullanım

verimliliğini ve anlık karboksilasyon verimini artırmıştır. Ayrıca silikon, alüminyumun toksik etkilerini hafifletmeye yardımcı olmuştur.

Saud vd. (2014) silikonun *Poa pratensis*'in kuraklığa toleransını artırma üzerine rolünü değerlendirmek amacıyla bir çalışma yapmışlardır. Bu kapsamda sera ortamında yetiştirilen bitkilere kuraklık stresi ve dört farklı seviyede (0, 200, 400 ve 800 mg/l) kalsiyum silikat uygulanmıştır. Fizyolojik kısıtlamalar, bitki-su ilişkilerinde bozulmalar ve *Poa pratensis*'teki görülebilir büyüme azalmaları, kuraklık stresinden sonra silikon uygulamasıyla önemli ölçüde hafifletilmiştir. 400 ve 800 mg/l silikon uygulamaları kuraklık stresi altında net fotosentezde %44 ve %39 oranında artış göstermiştir. 20 gün kuraklık stresi sonucu 400 mg/l uygulanan silikon yaprak su içeriği, toprak su içeriği, yaprak yeşil rengi ve büyüme oranında kontrole göre artışlar kaydedilmiştir. Bu çalışmada, silikon uygulamasının, *Poa pratensis* performansının iyileştirilmesinde faydalı olduğu kanıtlanmıştır.

Eneji vd. (2008) Japonya'da yeterli ve kısıtlı sulama altında bazı silikon kaynaklarının (potasyum silikat, kalsiyum silikat ve silika jel) dört çim türünün büyüme ve besin elementleri alımı üzerine etkilerini belirlemek amacıyla bir sera deneyi gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada Rodos çimi (*Chloris gayana* Kunth. cv. 'Asatsuyu'), çayır kelp kuyruğu (*Phleum pratense* L. cv. 'Kunpu'), Sudan otu (*Sorghum sudanense* Piper. cv. Beru Sudan), kamışsı yumak (*Festuca arundinacea* Schreb. cv. 'Southern cross') kullanılmıştır. Silikon 1000 mg/kg olarak toprağa uygulanıp karıştırılmıştır. Toprak kapasitesinde yeterli sulama ve toprak kapasitesinin yarısında kısıtlı sulama olmak üzere iki farklı sulama rejimi kullanılmıştır. Sürgün kuru ağırlığı, yeterli sulama altında kısıtlı sulama altındaki miktarın yaklaşık iki katı olmuştur. Yeterli sulama altında en yüksek sürgün kuru ağırlığını potasyum silikat, ardından kalsiyum silikat üretmiştir. Bu çalışmada kullanılan kumlu toprak için silika jelin uygun bir silikon kaynağı olmadığı görülmüştür. Kalsiyum silikat ile gübrelenen bitkilerin kök ağırlığı kısıtlı sulama altındaki diğer tüm kaynaklardan belirgin şekilde üstün olmuştur. Ancak potasyum silikat yeterli sulama altında en yüksek kök ağırlığını oluşturmuştur. Silikon alımı, nem rejimleri arasında önemli ölçüde değişmiştir.

Yeterli sulama altında silikon alımı kısıtlı sulama altında silikon alımından %86'nın üzerinde fazla olmuştur. Silikon alımı ile azot ve fosfor alımı arasında, toprağın su durumuna bakılmaksızın kuvvetli ilişkiler kaydedilmiştir. Silikon kaynakları arasında potasyum alımı, kontrolde 1.8 g/kg iken, potasyum silikatta 3.8 kg olarak ölçülmüştür. Yazarlar, silikon uygulamasını takiben bitki gelişimindeki gelişmelerin önemli temel besinlerin alımının artmasıyla bağlantılı olabileceğini belirtmiştir. Tüm türler için, kısıtlı sulama şartlarında silikon uygulaması sonucu biyokütle veriminin yeterli sulama şartlarından çok daha fazla olduğu belirtilmiştir. Örneğin, silikon kaynakları karşısında Rodos çiminin verimi kısıtlı sulama altında %205 iken yeterli sulama altında %59 olarak belirlenmiştir. Kısıtlı sulama altındaki bu tepkiler, bitkilerin kuraklık stresine dayanmak için daha fazla silikon kullandıklarını göstermektedir. Bu çalışmada kullanılan kumlu toprak ve çim türleri için her sulama düzeyinde en uygun silikat kaynağının olarak potasyum silikat olduğu belirtilmiştir.

Eneji vd. (2005) tarafından farklı kalsiyum silikat oranlarının (0, 1, 2, 4 ve 6 Mg/ha) *Chloris gayana* ve *Sorghum sudanense*'nin sulak ve kurak toprak su rejimleri altında büyüme ve su ilişkilerini değerlendirmek amacıyla bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla granül kalsiyum silikat, ekimden önce belirtilen oranlarda toprağa karıştırılmıştır. Silikat uygulamasının bitki biyokütlesi üzerindeki etkisi, kontrolünkine benzer olmuştur. Sürgün kuru kütlesi, *Sorghum sudanense* kontrol bitkisinde 3.6 g iken 6 mg/ha kalsiyum silikat uygulaması yapılan bitkilerde 4.3 g olarak ölçülmüştür. Sürgün/kök oranı silikat uygulamasından etkilenmemiştir. Kalsiyum silikat uygulaması, sürgün veya kök biyokütlesinde belirgin bir artış göstermemiştir. Kalsiyum silikat uygulaması oranı arttıkça bitki su talebi azalmıştır, bu sonuçlar da kalsiyum silikat uygulamasının kuraklık stresini azaltabileceğini ve su ekonomisini artırabileceğini göstermektedir. Sonuç olarak, yazarlar kalsiyum silikat uygulamasının bitki biyokütlesi üzerinde hiçbir etkisi olmadığını ve bunu kumlu büyüme ortamının yeterli miktarda silikon içermesine bağlamışlardır. Verilerin silikon uygulamasının bitkilerin silikat uygulama oranlarıyla doğrusal olarak su ihtiyacını azalttığına dair kanıtların sağladığını belirtmişlerdir

Trenholm vd. (2004) silikonun *Stenotaphrum secundatum*'un kuraklık ve gölge toleransı üzerine etkilerini değerlendirmek amacıyla Florida'da bir çalışma yapmışlardır. Kuraklık denemeleri için 'FX-10' ve 'FHSA-115' çeşitleri, gölge denemesi için ise 'Floritam' çeşidi ve 1997-6 genotipi kullanılmıştır. 'Floritam' çeşidi ve 1997-6 genotipi %0 (tam güneş ışığı), %50 ve %70 gölge şartları altına yerleştirilmiştir. Çalışma kapsamında hem kuraklık hem de gölge denemeleri için, kalsiyum silikat 3.36 kg/ha oranında ticari saksı toprağına karıştırılmıştır. Silikon uygulamasının bitkilerin gölge toleransına faydası olmamıştır. Ağır kuraklık stresi altında, silikon uygulaması yapılmış bitkilerin kontrol bitkilerine göre daha iyi yanıt verdiği belirtilmiştir. Silikon uygulanan her iki çeşitte kalite, renk ve yoğunluk değerleri kontrol bitkilerine göre sırasıyla %19, %13,6 ve %8.5 oranında artmıştır. Uygulama sonucu, kök veya sürgün büyümesinde farklılık gözlenmemiştir.

Brecht vd. (2004) Florida'da yaptıkları çalışmada kalsiyum silikat gübrelenmesinin yeni dikilmiş *Stenotaphrum secundatum* 'Floritam'da gri yaprak lekesini (*Magnaporthe grisea*) bastırma ve bitki büyümesini artırma potansiyeli açısından değerlendirmişlerdir. Bu doğrultuda 'Floritam' çeşidi stolonlarla araziye dikilmeden önce toprağına kalsiyum silikat (1000 kg/ha Si) uygulaması yapılmıştır. Bu uygulama, kalsiyum silikat, klorotalonil, kalsiyum silikat + klorotalonil ve uygulama yapılmayan bir kontrol ile karşılaştırılmıştır. Tek başına kalsiyum silikat, klorotalonil ve kalsiyum silikat + klorotalonil uygulamaları gri yaprak lekesi hastalığı kontrole oranla azaltılmıştır. Kalsiyum silikat uygulaması sonucu kaplama oranı artmıştır. Kalsiyum silikat uygulaması yapılmış yapraklarda silikon seviyesi kontrol bitkilerinden fazla olmuştur. Kalsiyum silikat uygulanan topraklardaki silikon seviyeleri kontrollerden anlamlı derecede daha yüksek olmuştur. Kalsiyum silikat uygulanan toprakların kalsiyum seviyesi kalsiyum silikat uygulanmayan topraklardan yüksek olmuştur. Ca, Cu, Mg, K, P ve Zn yaprak dokusu seviyeleri kalsiyum silikat ile gübrelenmiş uygulamalarda, kontrol bitkilerine göre önemli ölçüde düşük olmuştur. Silikon kalsiyum silikat uygulanmış bitkilerde yaprak dokusunda belirgin bir artış gösteren tek element olmuştur. Sonuç olarak, az miktarda silikon içeren topraklarda stolonla üretilen yengeç çiminde kalsiyum silikat

uygulamasının, gri yaprak lekesi hastalık zararını azaltmak ve toprak yüzeyini hızlıca kapatmasını sağlamak için uygun bir seçenek olabileceği belirtilmiştir.

Nanayakkara vd. (2008) silikon uygulamasının gri yaprak lekesi gelişimi üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla *Lolium perenne*'de bir çalışma yapmışlardır. Wollastonit ve kalsiyum silikat cürufu ile sırasıyla 0-10 t/ha ve 0-12 t/ha aralığında değişen oranlarda topraklara uygulanmıştır. *Magnaporthe oryzae* ile inoküle edilen bitkilerin gri yaprak leke insidansı ve şiddeti her iki farklı wollastonit ve kalsiyum silikat cüruf oranlarıyla önemli ölçüde azalmıştır. Doku silikon içeriği topraklardaki artan silikon miktarı ile tutarlı şekilde artarken, hastalık insidansı, her iki deney koşulunda her toprak ve doku kombinasyonunda artan doku silikon içeriği ile tutarlı şekilde azalmıştır. Yazarlar bu bulguların, *Lolium perenne*'de gri yaprak lekesi yönetim programlarında silikon uygulamalarının kullanılabilceğini gösterdiğini belirtmiştir.

Datnoff ve Rutherford (2003) *Cynodon dactylon*'un silikon biriktirip biriktirmediğini belirlemek ve silikonun yaprak lekelenmesine neden olan *Bipolaris cynodontis*'e karşı konak bitki direncini arttırıp arttırmayacağını belirlemek amacıyla bir çalışma yürütmüşlerdir. Bu kapsamda, *Cynodon dactylon*'a 0.5-10 t/ha aralığında farklı oranlarda kalsiyum silikat uygulanmıştır. Bitkilere *Bipolaris cynodontis*, izole edilmiştir. Dikimden 8 hafta sonra bitkilerin silikon içeriğini tespit etmek amacıyla yapılan analiz sonucunda yapraklar biriken % silikon oranının toprağa uygulanan kalsiyum silikat oranının artmasıyla doğru orantılı olarak artış gösterdiğini belirtmişlerdir. Yaprak dokusundaki silikon içeriği kontrol bitkilerine göre %38-105 oranında artış göstermiştir. Artan silikon oranları ile yaprak kuru ağırlığı arasında da doğrusal bir ilişki gözlenmemiştir. Silikon, *Cynodon dactylon*'da *B. cynodontis*'ten kaynaklı yaprak lekesi gelişimini baskılamakta da çok etkili olmuştur. Nihai % yaprak leke şiddeti %39 azalmıştır. Yazarlar mantar ilaçlarının çim hastalıklarını kontrol etmek için silikon ile birlikte kullanıldığında daha iyi sonuçlar verebileceğini belirtmiştir.

Bae vd. (2012) silikonun tuza duyarlı *Poa pratensis*'in 'Perfection' ve 'Midnight' çeşitleri üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla bir çalışma yapmışlardır. 400 mM NaCl uygulamasıyla her iki çeşitte de sürgün uzunluğu, taze ve kuru sürgün ve kök ağırlığı, nispi su içeriği, klorofil ve karotenoid içeriği azalmıştır. Silikon uygulamasıyla bitkilerdeki bu fizyolojik değişiklikler önemli ölçüde hafifletilmiştir. 'Perfection' çeşidine NaCl uygulaması sonrası 0.1 mM silikon uygulaması, sürgün uzunluğu %48, sürgün taze ağırlığı %72, bağıl su içeriği %61 ve toplam klorofil içeriği %57 oranında artış göstermiştir.

Chai vd. (2010) artan sodyum silikat konsantrasyonlarının tuzluluk stresi altında *Poa pratensis*'in büyüme ve sodyum ve potasyum içeriği üzerindeki etkilerini araştırmak amacıyla bir deneme gerçekleştirmişlerdir. Tohum çimlenme oranları 0.48 g/kg silikon uygulaması altında önemli ölçüde artmıştır. Bitki boyu ve kanopi kaplama oranı 0.72 g/kg silikon uygulamasıyla artış göstermiştir. Ayrıca, tuzluluk stresi altında 0.96 g/kg silikon uygulamasıyla kardeşlenme sayısı kontrol gruplarına göre önemli ölçüde artmıştır. 0.48-0.96 g/kg silikon uygulaması sürgünlerde tuzlu koşullar altında kontrol ile Na/K oranı azaltmış yaprak alanını artırmıştır.

Datnoff (2005) çim yönetiminde etkin, pratik uygulama araçları, uygun silikon kaynakları ve silikon gübrelenmesinin faydalı olacağı koşulları belirleme yöntemlerine ihtiyaç olduğunu belirtmiştir. Abiyotik ve biyotik stres yönetimi için çevre dostu stratejilere duyulan ihtiyaç arttıkça, silikon; silikon biriktirme yeteneğine sahip bitkiler için önemli bir potansiyel olabilir. Çimlerdeki bitki hastalıklarını kontrol ederken bitki performansını iyileştirmek için silikon kullanılması, entegre zararlı yönetimi stratejilerine dahil edilmeye müsaittir ve fungusit kullanımının azaltılmasını sağlayabilmektedir. Araştırmacılar ve çim alan yöneticileri, silikonun çimler üzerindeki potansiyelinin farkına varırken, göz ardı edilen bu unsurun çim bitkilerinin sağlık ve performansını arttırmak için uygulanabilir bir araç olarak kabul edileceği muhtemeldir. Ayrıca, abiyotik ve biyotik stres koşulları altında yetiştirilen pirinç, arpa, buğday, şeker kamışı gibi birçok bitkide silikon kullanımı sonucu bitki büyüme ve gelişiminde önemli gelişmeler kaydedilmiş ve optimum oranlar belirlenmiştir. Fakat çim bitkileri

için yapraktan gübrelemede etkili optimum silikon oranları hakkında yayınlanmış bir sonuç bulunmamaktadır. Bu sebeple çim bitkileri için gerekli silikon konsantrasyonlarını belirlemek amacıyla ileriki araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Optimum silikon oranlarının belirlenmesi sonucu silikon çim alan yöneticileri tarafından gübreleme programlarına dâhil edilerek daha sağlıklı ve kaliteli çim yüzeyler elde edilebilir.

Silikon gübrelemesi üzerine yapılan çalışmaların büyük çoğunluğu yurtdışında gerçekleştirilmiş olsa da Türkiye’de de özellikle tarım alanında silikon gübrelemesi ile ilgili çalışmalar yapılmıştır. Türkiye’de yapılan çalışmalara ilişkin literatür bilgileri aşağıda özetlenmiştir.

Çetinsoy ve Yıldız Daşgan (2016) yaptıkları bir çalışmada yapraktan selenyum (Se) ve silikon uygulamalarının salatalıkta büyüme, verim, bitki besin maddeleri alımı ve bazı meyve kalite özellikleri üzerine etkilerini incelemiştir. Selenyum sodyum selenat (Na_2SeO_4) olarak, silikon potasyum silikat olarak yapraktan uygulanmıştır. Selenyum, silikon ve selenyum + silikon uygulamaları verimi sırasıyla %11, %8 ve %25 artırmıştır. Uygulamalar büyüme ve meyve özellikleri üzerine etkili değilken, meyvenin selenyum ve silikon içeriğini artırmıştır. Silikon uygulamasında kontrol bitkilerine göre %134 daha sert meyve eti gözlenmiştir. Uygulamalar bitki boyu ve yaprak sayısını artırmamıştır. Uygulamalar yaprak Si, N, P, K, Ca ve Mg içeriği bakımından önemli bir fark yaratmamıştır. Hiç silikon uygulaması yapılmayan bitki yapraklarında bile silikon belirlenmiştir.

Konaş (2019) silikon x azot interaksiyonunun kıvrıcık marulun (*Lactuca sativa* var. *crispa*) gelişimi üzerine etkilerini belirlemek amacıyla bir çalışma gerçekleştirmiştir. Bu amaçla 5 azot oranı (0, 75, 150, 300 ve 450 mg/kg) ve 5 silikon oranı (0, 50, 100, 200 ve 400 mg/kg) uygulanmıştır. Azot oranının artmasıyla birlikte kontrole göre taze marul ağırlığı ve kuru ağırlık artarken; kuru madde miktarı azalmıştır. Klorofil ve bitki boyunun 150 mg/kg N oranından sonra azaldığı, 400 mg/kg silikon uygulamaları ile klorofil kapsamının, 200 mg/kg silikon ile bitki boyunun arttığı tespit edilmiştir. Marula

uygulanan azot oranı arttıkça bitki gelişiminin artarken, kuru madde miktarı azalmıştır. Gözlenen bu zararın silikon ile azaltılabileceği ve bitki gelişiminin artırılabilceği belirtilmiştir.

Bakır (2015) gerçekleştirdiği bir çalışmada yulaf (*Avena sativa*) bitkisine uygulanan fosfor ve silikonun sap kuru madde miktarı, besin element içeriği ve alımı üzerine etkilerini belirlemiştir. Bu amaçla 2 kg kuru toprağa fosfor (0, 10, 25, 50, 100 ve 250 ppm) ve silisik asit (0, 50, 100, 200 ve 400 ppm Si) uygulamışlardır. En düşük kuru madde kontrol bitkilerinde elde edilirken, en yüksek kuru madde 100 ppm P ve 400 ppm Si uygulamaları sonucunda elde edilmiştir. En yüksek nispi kuru made miktarının artan fosfor oranlarına bağlı olarak genellikle 400 ppm Si oranında elde edilmiştir. Kontrole göre kuru madde miktarı 400 ppm Si ve 250 ppm P gübrelemesi ile %52 oranında artırılmıştır. Silikonlu gübreleme, azot ve fosfor içeriklerini 250 ppm P oranı hariç, potasyum içeriğini 100 ppm P oranı hariç artırdığı, kalsiyum içeriğini değişken olmakla birlikte genellikle artırdığı, magnezyum içeriğini pek değiştirmediği, demir ve mangan içeriğini azalttığı, çinko ve bakır içerikleri üzerine etkisinin ise değişken olduğu belirtilmiştir.

Çelik (2016) yaptığı bir çalışma ile silikon uygulamasının tuz stresi altındaki kavunda bitki gelişimi, yaprak ve kök Si, Na, Cl, K ve Ca içeriklerine etkisini araştırmıştır. Silikon 0, 0.5, 1 ve 2 mM oranlarında; NaCl ise 50 mM'den başlayarak ikişer gün aralıklarla 100 mM ve 150 mM olarak uygulanmış ve son konsantrasyon olan 200 mM'a ulaşılmıştır. 200 mM tuz uygulamasında %62 klorofil kaybı olurken, 2 mM silikon+tuz uygulamasıyla kayıp %35'e düşmüştür. Artan silikon oranıyla bitki yaş ve kuru ağırlıkları ve kök yaş ve kuru ağırlıkları kontrole göre artış göstermiştir. Silikon uygulaması sodyum ve klorun yapraklara taşınmasını azaltmış, yaprak potasyum ve kalsiyum içeriğini ise artırmıştır. Yapraklardaki silikon miktarı artan silikon uygulamalarına paralel olarak artış göstermiştir. Tuz uygulanmayan bitkilerin yapraksilikon içeriği en fazla %1.43 ile 2 mM Si uygulamalarında, en düşük silikon içeriği ise %0.59 ile kontrol bitkilerinde ölçülmüştür. Yazar, silikon uygulamasının genelde bitki

büyümesine pozitif yönde bir katkı sağladığı ve bitkilerin tuz stresine karşı direnç kazanmasına yardımcı olduğunu belirtmiştir.

Horuz vd. (2014) tuzluluk stresine maruz bırakılmış pirince 0-400 mg/kg aralığında artan oranlarda silisik asit uygulamasının pirinç tanesinin Na içeriğini genellikle azalttığını; K içeriğini artırdığını; Ca, Mg ve P içeriğinde ise belirgin bir eğilim gözlenmediğini belirtmiştir. Pirincin tane verimi ile Na içeriği arasında çok önemli negatif ilişki elde edilirken, silikonlu gübreleme tanenin K/Na, Ca/Na, Mg/Na ve P/Na oranlarını genellikle artırmıştır. Silikonun sodyumun bitkiye zararlı etkisini önlediği tespit edilmiştir. Toprakların EC seviyeleri arttıkça yarayışlı silikon kapsamında ve silikonun tane veriminde sağladığı artışlarda azalma görüldüğü belirtilmiştir. Yazarlar dane verimindeki artışın nedeninin az miktarda tuz ilavesinin tane veriminde olumlu etkilere sebep olduğunu ve tuz karışımında K, Ca ve Mg'un verimi artırmasıyla ilgili olabileceğini belirtmişlerdir. Sonuç olarak, yazarlar pirinç yetiştiriciliğinde silikonlu gübrelemenin toprakta tuzluluk ve alkaliliğin zararlarını azaltan pratik bir uygulama olabileceği kanaatine varmışlardır.

Şen (2011) yaptığı bir çalışmada *Paspalum vaginatum* çim türünün belirli oranlarda deniz suyu ile sulanabilme olanakları araştırılmıştır. Bu amaçla, bitkilerin sulanmasında 2 mM silikon katkılı ve katkısız olarak %0, %10, %20 ve %30 oranında deniz suyu içeren tatlı su karışımı kullanılmıştır. Araştırma sonuçları 2 mM silikonun bu çim türünde tuz toleransını artırmadığını göstermiştir. *Paspalum vaginatum*'un yaprak ve kök Na ve Cl konsantrasyonları deniz suyunun uygulama oranına bağlı olarak artarken, K konsantrasyonları azalmıştır. *Paspalum* çiminin Na ve Cl'u yapraklarında biriktirdikleri anlaşılmıştır. Yaprak Na ve Cl konsantrasyonları köklere göre daha yüksek olmuştur. Yaprak silikon konsantrasyonları deniz suyu uygulamalarından etkilenmemiştir. Ayrıca köklerin silikon konsantrasyonu deniz suyuna bağlı olarak azalış göstermiştir. Silikon uygulamaları paspalum bitkisinin genel olarak Na ve Cl konsantrasyonlarının artmasına sebep olurken K konsantrasyonlarının azalmasına sebep olmuştur.

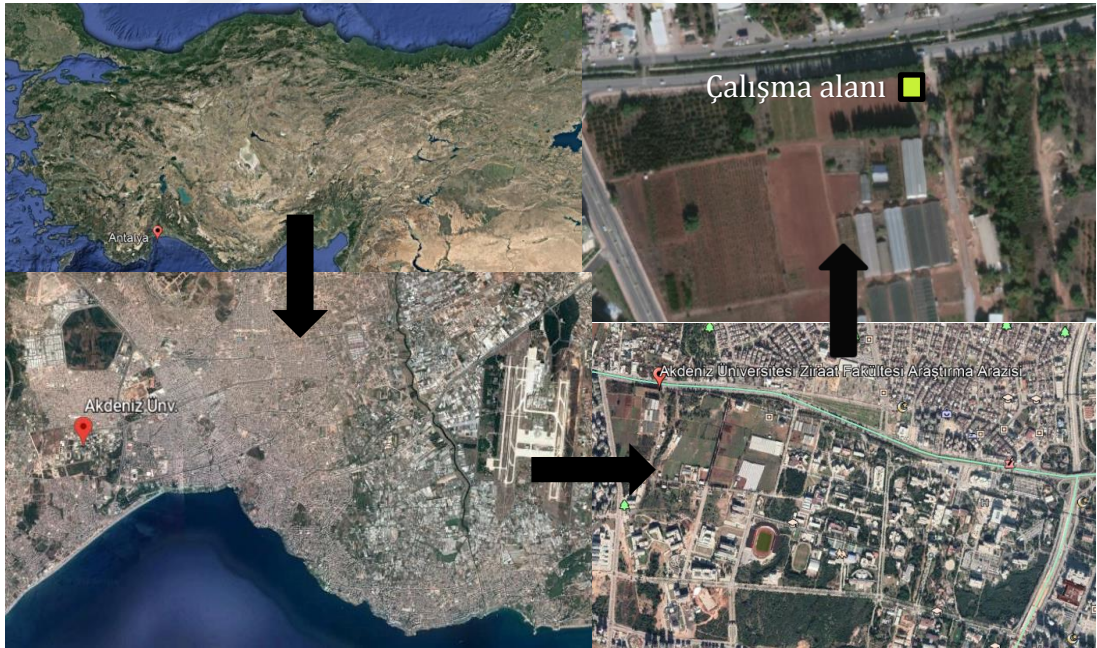
Bilindiği gibi sıcak iklim çim türleri sonbahar-kış aylarında sıcaklıkların düşmesiyle birlikte dormansiye girmektedirler. Çim tür/çeşitleri kendi içerisinde dormansiye giriş zamanı bakımından varyasyon göstermektedirler. Nispeten uzun bir dormansi periyoduna sahip olan Japon çiminde silikon gübrelemesi ile düşük sıcaklık toleransına etki edilerek daha uzun süre yeşil rengini korumasına yardımcı olunacağı düşünülmektedir. Bu çalışma ile Akdeniz iklim şartları altında Japon çimi ile tesis edilen çim alanda potasyum silikat ve azot uygulamalarının bitkilerin sonbahar kış aylarında yeşil rengini muhafaza etme ve genel çim performansı üzerine etkilerinin belirlenmesi amaçlanmaktadır.



3. MATERYAL VE METOT

3.1. Deneme Alanı ve İklimsel Özellikleri

Deneme, 2017-2019 yılları arasında, Antalya'da Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma Arazisi'nde Japon çimi ile tesis edilmiş olan yaklaşık 75 m²'lik bir alanda yürütülmüştür (Şekil 3.1). Deneme alanı 36° 53' 59.91" K enlemi ve 30° 38' 15.64" D boylamında ve denizden 33 m yükseklikte yer almaktadır (Google Earth, 2020). Akdeniz Bölgesi'nde yer alan Antalya'ya ait uzun yıllar (1930-2019) iklim verileri Çizelge 3.1'de verilmiştir. Yıllık ortalama yağış miktarı 1085 mm olan Antalya'nın yıllık ortalama sıcaklığı 18.7 °C'dir. Uzun yıllarda Antalya'da gerçekleşen en düşük ortalama sıcaklık 13.7 °C, en yüksek sıcaklık ise 24.1 °C'dir. Belirtilen tüm veriler Antalya Meteoroloji İstasyonu'ndan alınmıştır.



Şekil 3.1. Deneme alanı uydu görüntüsü (Google Earth, 2020)

Çizelge 3.1. Antalya'ya ait uzun yıllar (1930-2019) iklim verileri (Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2020)

| Ay | Minimum Sıcaklık (°C) | Maksimum Sıcaklık (°C) | Ortalama Sıcaklık (°C) | Aylık Toplam Yağış Miktarı (mm) |
|---------------|-----------------------|------------------------|------------------------|---------------------------------|
| Ocak | 5.9 | 14.9 | 10.0 | 242.1 |
| Şubat | 6.4 | 15.5 | 10.6 | 154.4 |
| Mart | 8.0 | 17.9 | 12.8 | 97.2 |
| Nisan | 11.2 | 21.3 | 16.3 | 50.4 |
| Mayıs | 15.2 | 25.5 | 20.5 | 32.1 |
| Haziran | 19.6 | 30.7 | 25.3 | 10.9 |
| Temmuz | 22.7 | 34.0 | 28.4 | 4.5 |
| Ağustos | 22.7 | 34.0 | 28.3 | 4.6 |
| Eylül | 19.4 | 31.1 | 25.1 | 18.1 |
| Ekim | 15.2 | 26.5 | 20.5 | 72.1 |
| Kasım | 10.7 | 21.2 | 15.4 | 133.6 |
| Aralık | 7.6 | 16.6 | 11.6 | 265.3 |
| YILLIK | 13.7 | 24.1 | 18.7 | 1085.3 |

3.2. Deneme Alanının Toprak Özellikleri

Deneme alınmadan önce alınan toprak örnekleri Jackson (1962) tarafından bildirilen ilkelere uygun olarak 0-30 cm derinlikten alınarak, Isparta'da özel olarak faaliyet gösteren Isparta Toprak ve Bitki Analiz Laboratuvarında (ISLAB) hava kurusu durumuna gelinceye kadar kurutulmuştur. İri taşlar ayıklandıktan sonra kesekler tokmakla ezilerek, 2 mm'lik elekten elenerek analizler için örnek kabında saklanmıştır. Toprak analizi; Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı'nın analiz yöntemi ve standartlarına göre yapılmıştır. Deneme alanında bulunan toprağın pH, tuzluluk, organik madde içeriği, bünye sınıfları ile besin elementi içerikleri Çizelge 3.2'de verilmiştir. Çizelgeye bakıldığında deneme alanının killi tınlı, hafif alkali ve yüksek oranda kireç içeren bir toprak yapısına sahip olduğu görülmektedir.

Çizelge 3.2. Deneme alanının toprak özellikleri

| Analiz Adı | Analiz Yöntemi | Birimi | Sonuçlar | Değerlendirme | |
|------------|----------------|--------------------------|----------|---------------|--------------|
| Tekstür | Kum | % | 40 | | |
| | Silt | Bouyoucos Hidrometre | % | 15 | Kil |
| | Kil | | % | 45 | |
| | EC | (1:2.5) | dS/m | 0.21 | Tuzsuz |
| | Ph | (1:2.5) | | 8.17 | Hafif Alkali |
| | Kireç | (Kalsimetrik) | % | 27.21 | Çok Yüksek |
| | Organik Madde | (Walkley Black) | % | 1.49 | Düşük |
| | Azot | (Khejdal) | ppm | 399.00 | Düşük |
| | Fosfor | (Olsen-Spektrofotometre) | ppm | 8.50 | Düşük |
| | Potasyum | (A. Asetat-AAS) | ppm | 122.97 | Orta |
| | Kalsiyum | (A. Asetat-AAS) | ppm | 5,963.00 | Yüksek |
| | Magnezyum | (A. Asetat-AAS) | ppm | 1,173.80 | Yüksek |
| | Demir | (DTPA-AAS) | ppm | 2.62 | Orta |
| | Bakır | (DTPA-AAS) | ppm | 0.63 | Orta |
| | Mangan | (DTPA-AAS) | ppm | 5.03 | Orta |
| | Çinko | (DTPA-AAS) | ppm | 1.11 | Orta |

3.3. Denemede Kullanılan Suyun Özellikleri

Bitkilerin sulaması kuyudan sağlanan su ile yağmurlama yöntemiyle yapılmıştır. Sulama suyundan alınan örnek Isparta Toprak ve Bitki Analiz Laboratuvarı'nda analiz edilerek sonuçlar Çizelge 3.3'te sunulmuştur. Sulama suyunda pH sorunu olmadığı gözlenmiştir. Sulama suyunun orta derecede tuzlu olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 3.3. Denemede kullanılan suyun özellikleri

| pH | EC dS/m | K ⁺ me/l | Ca ²⁺ me/l | Mg ²⁺ me/l | Na ⁺ me/l | CO ₃ ²⁻ me/l | HCO ₃ ²⁻ me/l | Cl ⁻ me/l | SO ₄ ⁻ me/l |
|------|------------|------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|---------------------------------------|--|-------------------------|--------------------------------------|
| 7,48 | 0,624 | 0,2252 | 4,8925 | 1,848 | 0,7428 | 0 | 2,307 | 0,523 | 0,562 |

3.4. Bitki Materyali ve Kullanılan Gübreler

2012 yılında tesis edilen *Zoysia japonica* bitkisel materyal olarak kullanılmıştır.

N kaynağı olarak amonyum sülfat ((NH₄)₂SO₄; N: %21 ve S: %24) kullanılmıştır. Amonyum sülfat; sarımsı-beyaz renkli, kristal yapıda bir katı gübredir. Amonyum sülfat Gübretaş şirketinden temin edilmiştir.

Potasyum kaynağı olarak potasyum sülfat (K_2SO_4 ; S: %18 ve K_2O : %51) kullanılmıştır. Potasyum sülfat; beyaz renkli çok ince kristaller veya toz halinde katı bir gübredir. Potasyum sülfat Nutribella şirketinden temin edilmiştir.

Silikon kaynağı olarak potasyum silikat (PS) (K_2SiO_3 ; K_2O : %12.79 ve SiO_2 : %26.19) kullanılmıştır. Suda kolayca çözünebilen, renksiz-sarımtırak, berrak ve kıvamlı bir sıvı olan potasyum silikat; nötr ve alkali çözeltilerde de kararlıdır. Özkimsan şirketinden temin edilen potasyum silikata ait analiz raporu Çizelge 3.4'te sunulmuştur.

Çizelge 3.4. Potasyum silikat analiz raporu

| Fiziksel ve Kimyasal Özellikler | Bulunan Değerler |
|--|-------------------------|
| Yoğunluk (g/cm^3) (20 °C) | 1.379 |
| Bome (Bé) (20 °C) | 39.9 |
| K_2O (%) | 12.79 |
| SiO_2 (%) | 26.19 |
| Modül | 3.21 |

3.5. Deneme Deseni ve Gübre Uygulamaları

Çim alanda sulama, gübreleme, biçme, vertikat (çim havalandırma), yabancı ot mücadelesi gibi gerekli tüm kültürel bakım uygulamaları çalışma başlayana kadar düzenli bir şekilde yapılmıştır (Şekil 3.2). Uygulamaların yapıldığı tarihe 90 gün kala gübreleme programları iptal edilmiş olup, bu tarihten sonra bitkilere herhangi bir gübre uygulaması yapılmamıştır.



Şekil 3.2. Kültürel bakım uygulamaları

2017 yılı eylül ayında Japon çimi ile tesis edilmiş çim alan üzerinde 2 m²'lik (2x1 m) 57 adet parsel oluşturulmuştur (Şekil 3.3 ve Çizelge 3.5). Olası önemli varyasyonları azaltmak amacıyla bloklama yapılmıştır. Arazi denemesi 3 tekerrürlü olarak 3x3x2 faktöriyel tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme desenine göre kurulmuştur. Yıl tekrarında çakılı parseller yöntemi kullanılmıştır. Azot oranları olarak; N₀=0 g/m², N₁=2.5 g/m² ve N₂= 5 g/m² ve

potasyum silikat oranları olarak; $PS_0= 0$ ml/l, $PS_1= 3$ ml/l ve $PS_2= 6$ ml/l kullanılmıştır. Uygulama sayıları ise eylül ve ekim ayları olmak üzere iki (2x) ve eylül, ekim ve kasım ayları olmak üzere üç (3x) olarak belirlenmiştir. Ayrıca, kontrol parsellerinin yanı sıra, potasyum silikat uygulamasından gelebilecek potasyum elementini dikkate almak için, 1.5 g/m² potasyum sülfat (K_2SO_4) bileşiği ayrı bir parselde (Pot.) kontrol amaçlı uygulanmıştır.



Şekil 3.3. Deneme parselleri

Çizelge 3.5. Deneme deseni

| | | | | |
|--------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|---------|
| N ₁ PS ₀ (3x)* | N ₁ PS ₀ (2x)** | N ₂ PS ₀ (3x) | N ₂ PS ₀ (2x) | 1. BLOK |
| N ₂ PS ₁ (3x) | N ₂ PS ₁ (2x) | NoPS₀ | | |
| N ₀ PS ₂ (3x) | N ₀ PS ₂ (2x) | N ₁ PS ₁ (3x) | N ₁ PS ₁ (2x) | |
| N ₀ PS ₁ (3x) | N ₀ PS ₁ (2x) | N ₂ PS ₂ (3x) | N ₂ PS ₂ (2x) | |
| N ₁ PS ₂ (3x) | N ₁ PS ₂ (2x) | N ₀ PS ₂ (3x) | N ₀ PS ₂ (2x) | |
| N ₁ PS ₁ (3x) | N ₁ PS ₁ (2x) | N ₂ PS ₁ (3x) | N ₂ PS ₁ (2x) | 2. BLOK |
| NoPS₀ | | N ₁ PS ₀ (3x) | N ₁ PS ₀ (2x) | |
| - | | N ₂ PS ₂ (3x) | N ₂ PS ₂ (2x) | |
| - | | N ₀ PS ₁ (3x) | N ₀ PS ₁ (2x) | |
| N ₂ PS ₀ (3x) | N ₂ PS ₀ (2x) | N ₁ PS ₂ (3x) | N ₁ PS ₂ (2x) | |
| N ₀ PS ₂ (3x) | N ₀ PS ₂ (2x) | N ₂ PS ₂ (3x) | N ₂ PS ₂ (2x) | 3. BLOK |
| N ₀ PS ₁ (3x) | N ₀ PS ₁ (2x) | N ₁ PS ₀ (3x) | N ₁ PS ₀ (2x) | |
| N ₁ PS ₂ (3x) | N ₁ PS ₂ (2x) | N ₂ PS ₀ (3x) | N ₂ PS ₀ (2x) | |
| - | | N ₁ PS ₁ (3x) | N ₁ PS ₁ (2x) | |
| - | | NoPS₀ | | |
| - | | | | |
| N ₂ PS ₁ (3x) | N ₂ PS ₁ (2x) | | | |

Pot***

Pot

Pot

* (3x) ibaresi olan parsellere eylül + ekim+ kasım olmak üzere toplamda 3 kere uygulama yapılmıştır.

** (2x) ibaresi olan parsellere eylül + ekim olmak üzere toplamda 2 kere uygulama yapılmıştır.

*** (Pot) parselleri potasyum sülfat uygulaması yapılan parsellerdir.

3.5.1. Amonyum sülfat uygulaması

Azot uygulaması için %21 N içeren amonyum sülfat gübresi kullanılmıştır. Literatür bilgileri doğrultusunda azot oranları olarak m²'ye 0, 2.5 ve 5 g N olarak belirlenmiştir. Bu hesaplara 100 gramında 21 gram azot içeren amonyum sülfattan 2 m²'ye N₁=24 g, N₂= 48 g ve kontrol olarak ise N₀=0 g olarak belirlenmiştir. Katı gübre formunda olan amonyum sülfat hassas terazi ile tartılıp parsellere homojen bir şekilde el ile uygulanmıştır. Azotun bitki

yapraklarını yakmasını engellemek amacıyla çim alan azot uygulamasından hemen sonra yağmurlama sulama yöntemiyle sulanmıştır.

3.5.2. Potasyum silikat uygulaması

Literatür bilgileri göz önünde bulundurulduğunda sıvı halde bulunan potasyum silikatın (K_2SiO_3) önerilen oranının 900 ml/300 l su olduğu belirlenmiştir. Bu oran da 3 ml/l'e tekabül etmektedir. Optimum oranı tespit edebilmek amacıyla bu oranın iki katı olan 6 ml/l oranı da denemede kullanılmıştır. Hazırlanan potasyum silikat solüsyonları ($PS_0= 0$ ml/l, $PS_1= 3$ ml/l ve $PS_2 = 6$ ml/l) yapraktan spreyleme yöntemiyle sırt pompasıyla uygulanmıştır.

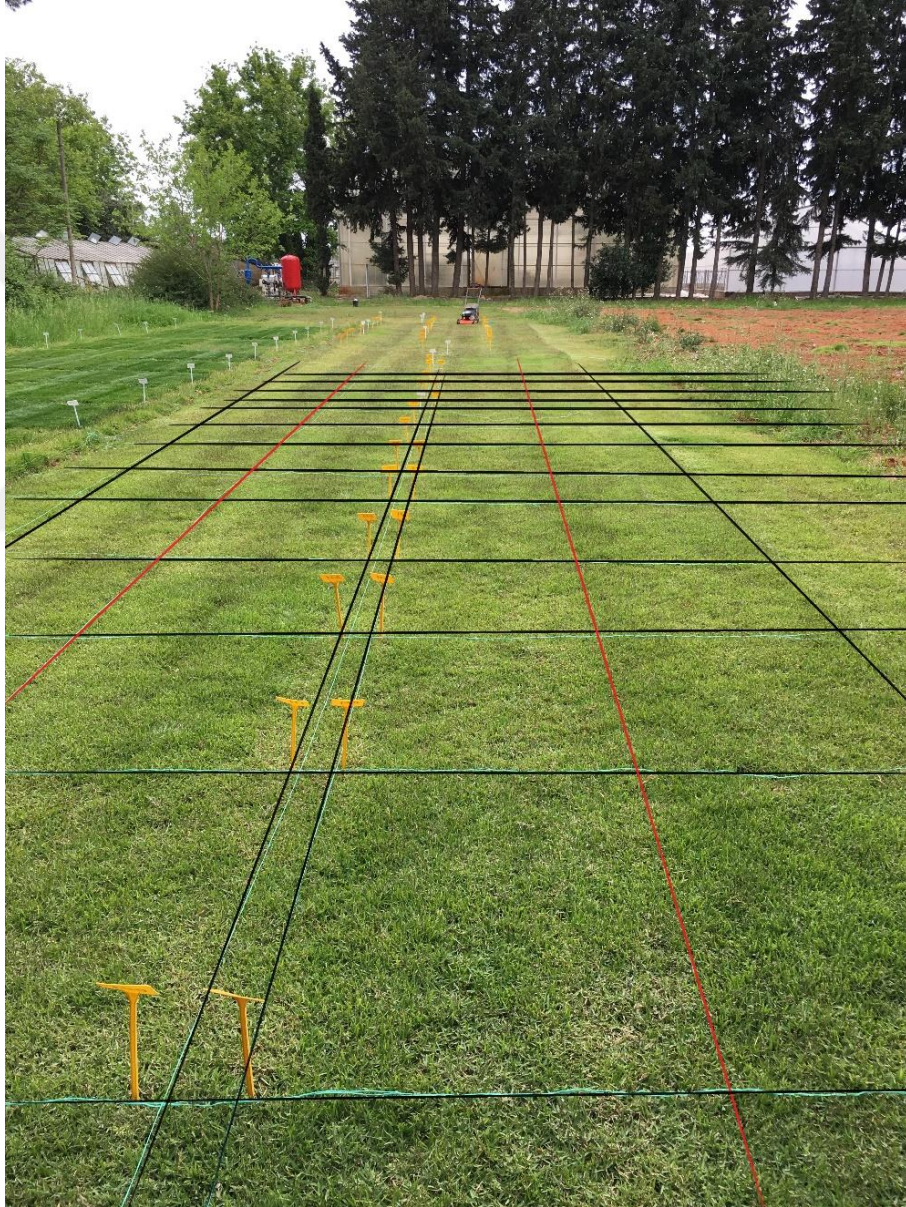
3.5.3. Potasyum sülfat uygulaması

Potasyum silikat (K_2SiO_3); %26.19 SiO_2 'nin yanı sıra %12.79 K_2O de içermektedir. Bitkilerin potasyum silikat uygulamasına verdiği yanıtların potasyuma mı, yoksa silikona mı yanıt olduğunu anlamak için kontrol amaçlı potasyum uygulaması yapılmıştır. Potasyum uygulaması için %51 K_2O içeren potasyum sülfat kullanılmıştır. Potasyum silikat uygulamasından gelecek potasyum seviyelerini eşitlemek amacıyla 1.5 g/m² potasyum sülfat bir parselde 3 tekerrür olacak şekilde uygulanmıştır. Katı ve toz halde olan potasyum sülfat parsellere homojen bir şekilde el ile uygulandıktan sonra yağmurlama sulama yöntemiyle sulanmıştır.

3.5.4. Uygulamaların yapılması

İlk uygulama yukarıda detaylı olarak belirtildiği gibi 30 Eylül 2017'de yapılmıştır. İlk uygulamadan 4 hafta sonra 30 Ekim 2017'de 2. uygulama yapılmıştır. Çizelge 3.5'de görülen '3x' ibaresi bulunan parsellere ikinci uygulamadan 4 hafta sonra 30 Kasım 2017'de 3. uygulama yapılmıştır. '2x' ibaresi bulunan parsellere 3. uygulama yapılmamıştır. Kontrol parsellerine hiçbir uygulama yapılmamıştır. Uygulamalardan sonra ihtiyaca göre biçim işlemleri düzenli olarak 50 mm yükseklikten 'Husqvarna' marka 'LC140S' model

çim biçme makinesi ile yapılmış ve biçim artıkları uzaklaştırılmıştır. Sulama sıklığı ve süresinin toprak nemine göre vejetasyon dönemince değişiklik gösterdiğinden sulama toprak nemine bağlı olarak ihtiyaca göre yapılmıştır. Deneme parsellerinde düzenli olarak mekanik yabancı ot temizliği de yapılmıştır. Belirtilen uygulamalar yukarıda belirtildiği gibi 2018 yılında aynı tarihlerde ikinci kez aynı parseller üzerine uygulanmıştır. Şekil 3.4'te deneme alanı görülmektedir.



Şekil 3.4. Deneme parsellerinin oluşturulması

Aşağıda belirtilen uygulamalar üç tekerrürlü olarak tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme desenine göre araziye uygulanmıştır (Çizelge 3.6).

Çizelge 3.6. Deneme uygulamaları

| Uygulama | Kod | Azot Konsantrasyonu | Potasyum Silikat Konsantrasyonu | Potasyum Konsantrasyonu |
|----------|--------------------------------|------------------------------|---------------------------------|-------------------------|
| 1 | Pot | - | - | 1.5 g/m ² |
| 2 | N ₀ PS ₀ | 0 g/m ² (kontrol) | 0 ml/l (kontrol) | - |
| 3 | N ₀ PS ₁ | 0 g/m ² (kontrol) | 3 ml/l | - |
| 4 | N ₀ PS ₂ | 0 g/m ² (kontrol) | 6 ml/l | - |
| 5 | N ₁ PS ₀ | 2.5 g/m ² | 0 ml/l (kontrol) | - |
| 6 | N ₁ PS ₁ | 2.5 g/m ² | 3 ml/l | - |
| 7 | N ₁ PS ₂ | 2.5 g/m ² | 6 ml/l | - |
| 8 | N ₂ PS ₀ | 5 g/m ² | 0 ml/l (kontrol) | - |
| 9 | N ₂ PS ₁ | 5 g/m ² | 3 ml/l | - |
| 10 | N ₂ PS ₂ | 5 g/m ² | 6 ml/l | - |

3.6. Deneme Süresince Alınan Gözlem ve Ölçümler:

Çim kalitesi: Çim kalitesinin değerlendirilmesi; Sever Mutlu vd. (2011) tarafından bildirildiği gibi çime ait renk, yoğunluk, üniformite, doku, yabancı ot ve çevresel veya hastalık vb. kaynaklı streslere duyarlılık kombinasyonuna göre yapılmıştır. Çim kalitesi 1-9 görsel değerlendirme skalası (1: dormansi veya ölüm, 2-3: çok kötü, 4-5: kötü, 6: kabul edilebilir, 7: iyi, 8: çok iyi, 9: ideal) kullanılarak National Turfgrass Evaluation Program (NTEP) yönergelerine göre değerlendirilmiştir (NTEP, 2010). Veriler iki haftada bir alınmıştır.

Çim rengi: Çim rengi değerlendirmesinde 1.0 değerinin tamamen sararmayı (sarı rengi), 6.0 değerinin açık yeşil ve 9.0 değerinin koyu yeşil rengi ifade ettiği 1-9 renk skalası kullanılmıştır. Veriler iki haftada bir alınmıştır.

Çim yoğunluğu: Çim yoğunluğu her parselden tesadüf olarak seçilen 3 noktadan, 10.8 cm çapındaki çim profil örnekleme aleti (A=91.61 cm²) (Şekil 3.5) ile çıkarılan çim kalıplarındaki mevcut canlı çim sürgünlerinin sayılması ile belirlenmiştir. Değerler sürgün sayısı/birim alan cinsinden verilmiştir. Sayımlar yapıldıktan sonra çim profilleri yerlerine geri yerleştirilmiştir. Sayımlar her iki deneme yılında da Mayıs ayında bütün parseller tam olarak yeşillendikten sonra yapılmıştır.



Şekil 3.5. Çim profil örnekleme aleti

Çim indeks değeri (NDVI): Çim türleri ve çeşitlerinin değerlendirilmesi oldukça zor ve karmaşık bir iştir. Çimlerin değerlendirilmesinde birçok faktörün görsel tahminine dayanan görsel bir değerlendirme skalası kullanılmaktadır. Bu yöntem her ne kadar çimlerin değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılsa da öznel olması sebebiyle bazen yakın değerler arasındaki farklılıkların yakalanamamasından dolayı her zaman eleştiriye açıktır. Bu sebeple, çimlere ait renk ve kalite değerleri görsel olarak alınan gözlemler yanında, TCM 500 NDVI Turf Color Meter (Şekil 3.6) ile de ölçülmüştür. Bu cihaz okuma yapılan alandaki 660 nm ve 840 nm dalga boylarındaki ışığı kullanarak daha nesnel olan normalize edilmiş vejetasyon indeks değerlerini (NDVI) hesaplamakta ve bu değerleri kullanarak çim indeks değerlerine dönüştürmektedir. Çim indeks verileri 1.0-9.0 arasında değerler almaktadır. Bu skalada, 1.0 en kötü çim kalitesi olup (ölü/sarı çim örtüsü), 9.0 değeri en yüksek çim kalitesine eşdeğerdir. Ölçümler iki haftada bir her parselden 10 okuma yaparak alınmıştır.



Şekil 3.6. TCM 500 NDVI turf color meter

Klorofil içeriği: Klorofil ölçüm cihazı (FieldScout CM 1000 Chlorophyll Meter) (Şekil 3.7) ile okuma yapmak suretiyle bitkilerin klorofil içeriği belirlenmiştir. Belirtilen klorofil ölçüm cihazı çim kanopisinden yansıyan 700 nm ve 840 nm dalga boyundaki ışığı kullanarak relatif klorofil indeksini ölçmekte ve çıktı olarak 0-999 skalasında birimsiz bir klorofil içeriği indeksi vermektedir. Çim parsellerinin üstünden konik olarak 30-183 cm mesafeden tutularak her parselden 10 ölçüm yapılarak aritmetik ortalamaları alınmıştır. Veriler iki haftada bir alınmıştır.



Şekil 3.7. FieldScout CM 1000 chlorophyll meter

Sonbaharda dormansiye girme oranı (sararmış çimle kaplı alan oranı; %): Sonbaharda çim bitkilerinin dormansiye girme durumlarını ayırt etmek için kullanılan bu değerlendirmede 0-100 skalası kullanılmıştır. Bu skalaya göre %100 hiç yeşil sürgün bulunmadığı (tamamen dormansiye girmiş olma

durumu) ve %0 bütün parselin yeşil sürgünler ile kaplı olduğunu ifade etmektedir. Veriler aralık-şubat ayları arasında iki haftada bir alınmıştır.

İlkbaharda uyanma/yeşillenme oranı (spring green-up; yeşil çimle kaplı alan oranı; %): Yeşillenme oranlarının belirlenmesi çim bitkilerinin kış dormansi durumundan çıkarak aktif bahar büyümesine geçiş dönemlerinin ölçülmesidir (NTEP, 2020). İlkbaharda bitkilerin dormansiden çıkma durumlarını ayırt etmek amacıyla kullanılan bu değerlendirme %0'ın hiç yeşil sürgün bulunmadığı ve %100'ün bütün parselin yeşil örtü ile kaplı olduğunu ifade eden 0-100 skalasına göre yapılmıştır. Bu değerlendirme bitkilerin ilkbaharda yeniden yeşillenmeye başlamasından hemen önce başlayıp bütün bitkiler %100 yeşilleninceye kadar yapılmıştır. mart-nayıs ayları arasında iki haftada bir gözlemler alınmıştır.

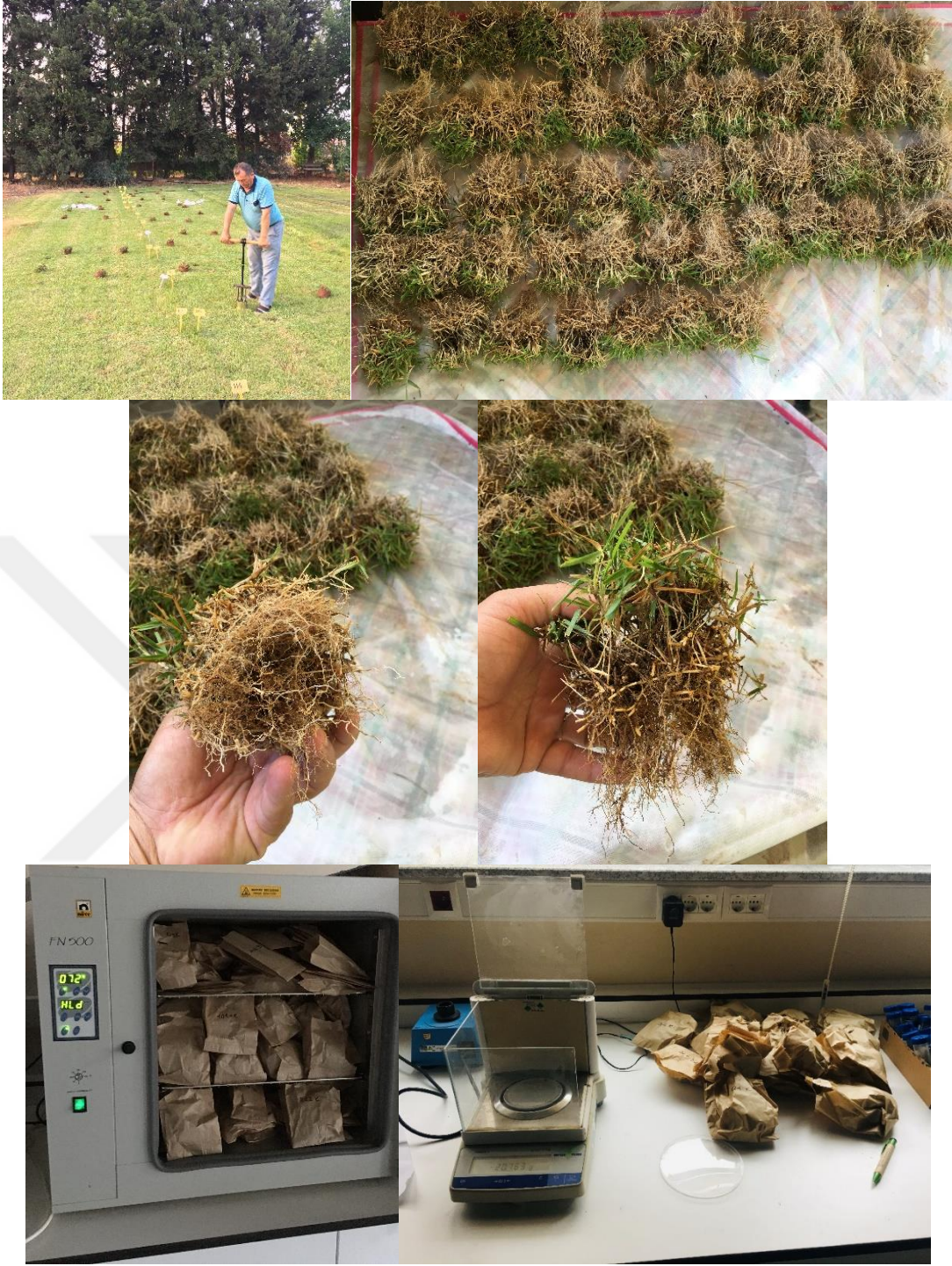
Çiçeklenme yoğunluğu: Çiçeklenme yoğunluğu birim alandaki çiçek miktarının görsel olarak tahmin edilmesidir. Görsel olarak 1-9 puanlama skalası kullanılmıştır. 1.0 minimum çiçeklenmeyi, 9.0 maksimum çiçeklenmeyi ifade etmektedir. Çiçeklenme yoğunluğu gözlemleri her yıl bir defa aktif büyüme dönemlerinde yapılmıştır.

Bitki analizleri: 2018 ve 2019 yılı kasım aylarında ilk uygulamadan 8 hafta sonra her bir parselden yaprak örnekleri alınmış ve bitki analizleri yapılmıştır (Şekil 3.8). Bu analizler sonucu N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Mn, Zn ve silikon miktarları belirlenmiştir. Analizler Isparta Toprak ve Bitki Analiz Laboratuvarında yaptırılmıştır.



Şekil 3.8. Bitki örneklerinin toplanması ve bitki analizleri

Kök ve sürgünlere ait kuru ağırlıklar: 2019 yılı mayıs ayında çimler 50 mm yükseklikten biçildikten sonra çim profil örnekleme aleti ile her parselden tesadüfi olarak seçilen 2 noktadan çim kalıpları çıkarılmıştır. Çim kalıpları su ile toprağından arındırılmıştır. Daha sonra çim kalıpları kâğıt havlu ile kurulanmış ve kök tacı bölgesinden makas yardımıyla kesilmiştir. Böylece çim kalıpları kök ve sürgün olmak üzere iki parçaya ayrılmıştır. Her bir uygulamadan alınan ikişer örnek kese kâğıtlarına konulmuş ve 72 °C 'ye ayarlı etüvde 72 saat (ağırlık sabitlenene kadar) kurutulmuştur. Örneklerin sürgün ve kök yaş ağırlıkları hassas terazi ile ölçülüp aritmetik ortalamaları alınmıştır (Şekil 3.9).



Şekil 3.9. Bitki örneklerinin alınması, topraktan arındırılması, etüvde kurutulması ve hassas terazide tartım işlemlerinin yapılması

Toprak ve su analizleri: Toprak örnekleri araziye temsil edecek biçimde, deneme başlamadan önce, 3 farklı noktadan 0-30 cm derinlikten alınmıştır. Alınan örneklerde toprak tekstürü, tuzluluk, pH, organik madde miktarı ve besin elementi içerikleri gibi kimyasal ve fiziksel analizler yapılmıştır. Ayrıca, su

analizi (elektriksel iletkenlik, anyon ve kation içerikleri) yapılmıştır. Analizler Isparta Toprak ve Bitki Analiz Laboratuvarında yaptırılmıştır.

Çalışma kapsamında yapılan ölçüm ve analizlerin değerlendirilmesi SPSS (Statistical Programs for Social Science) 13.0 paket programı ile yapılmıştır. Verilerin kendi aralarındaki istatistiksel denetimleri tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ile yapılmıştır. İşlemlerde farklılık belirlendiğinde, mevcut farklılık ile oluşan homojen grupları belirlemek amacı ile Duncan testi kullanılmıştır.



4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Potasyum silikat ve azot uygulamalarının Japon çiminin sonbahar-kış dönemi yeşil rengini koruyabilme ve genel çim performansı üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yapılan bu deneme boyunca her iki deneme yılında da aralık-mayıs ayları arasında çeşitli gözlemler alınmıştır. Bu süre boyunca parsellerde herhangi bir hastalık belirtisine rastlanmamıştır. Denemenin yapıldığı il olan Antalya'da hüküm süren Akdeniz iklim koşulları göz önüne alındığında; aralık, ocak ve şubat ayları kış mevsimi ortalamaları olarak, mart, nisan ve mayıs ayları bahar mevsimi ortalamaları olarak değerlendirilmiştir. 1. yıl uygulamaları 2017 yılının ekim, kasım ve aralık aylarında yapılmış olup gözlemler aralık 2017-mayıs 2018 tarihleri arasında alınmıştır. Aynı şekilde 2. yıl uygulamaları da 2018 yılının ekim, kasım ve aralık aylarında yapılmış olup gözlemler aralık 2018-mayıs 2019 tarihleri arasında alınmıştır.

4.1. Çim Kalitesi

Uygulamaların Japon çiminin çim kalitesi üzerine etkilerini belirlemek amacıyla alınan gözlemlere ait veriler ve analiz sonuçları Çizelge 4.1'de sunulmuştur. Çim bitkilerinin kış ve bahar mevsimi kalite değerleri, PS ve N varlığı ve yokluğunda önemli varyasyonlar göstermiştir (Şekil 4.1 ve Şekil 4.2). Çim kalitesi 3 kere 5 g/m² N ve 6 ml/l PS uygulamasıyla (N₂PS₂ (3x)) kontrole göre %36'ya kadar artarken, PS ve N uygulaması yapılan gruplar arasında önemli farklılıklar gözlenmiştir. 2018 yılı kış mevsimi çim kalitesi verileri incelendiğinde tek başına PS uygulamaları yapılan bitkiler kontrol ile aynı grupta yer almıştır. Eylül ve ekim aylarında olmak üzere toplamda 2 kere uygulama yapılan (2x) ve eylül, ekim ve kasım aylarında olmak üzere toplamda 3 kere uygulama yapılan (3x) parseller 2018 yılı kış mevsimi çim kalitesi bakımından aynı oranlarda istatistiki olarak farklılık göstermemiştir.

2018 yılı bahar mevsimi çim kalitesi değerleri ve analiz sonuçları incelendiğinde uygulamalar arasında önemli farklılıklar gözlenmektedir (Çizelge 4.1). Çim kalitesi kontrol uygulamalarında 5.9 iken 3 kere 5 g/m² N ve 6 ml/l PS

uygulamalarında (N_2PS_2 (3x)) 7.6'ya çıkararak %28 oranında artış göstermiştir. Hiç N uygulanmayan (tek başına PS veya Pot. uygulanan) parsellerin 2018 yılı bahar mevsimi çim kalite değerleri kontrole kıyasla %9'a kadar düşmüş olup bu fark istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. 5 g/m² N uygulamaları PS uygulamasından bağımsız olarak çim kalite değerlerini önemli derecede artırmıştır. Uygulamaların 2 veya 3 kere yapılması çim kalite değerlerini istatistiki olarak etkilememiş olup aynı oranda 2 ve 3 kere uygulama yapılan parseller aynı istatistiki grupta yer almıştır.

2019 yılı kış mevsimi çim kalitesi değerleri ve analiz sonuçlarına bakıldığında; uygulama yapılan ve yapılmayan (kontrol) gruplar önemli derecede farklılıklar göstermiştir (Çizelge 4.1). N_2PS_2 (3x) uygulamaları kontrol gruplarına oranla çim kalitesi değerini %51'e kadar artırmıştır. PS'in 2019 yılı kış mevsimi çim kalitesi üzerindeki etkisi N uygulamalarına, N'un da çim kalitesi üzerindeki etkisi farklı PS seviyelerine göre değişiklik göstermiştir. Çim kalite değerleri incelendiğinde tek başına PS ve Pot. uygulaması yapılan bitkiler kontrol ile istatistiki olarak aynı grupta kalmış olup bu parsellerde istatistiki olarak önemli olmayan ve kontrole göre %9'a varan düşüşler gözlenmiştir. Yine 2.5 veya 5 g/m² N uygulaması yapılan tüm parsellerin (PS uygulaması yapılan ve yapılmayan) çim kalitesi değerleri kontrol gruplarına göre istatistiki olarak önemli düzeyde farklılık göstermiştir. N uygulama oranının 2.5 g/m²'dan 5 g/m²'ye çıkarılması çim kalite değerlerini artırmıştır. 3 kere uygulama yapılan parsellerde çim kalite değerleri 2 kere uygulama yapılan parsellere göre yüksek olmakla birlikte fark istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur.

2019 yılı bahar mevsimi çim kalite değerleri ve analiz sonuçları incelendiğinde uygulamalar arasında önemli farklılıklar gözlenmiştir (Çizelge 4.1). N ve PS'in birlikte 3 kere uygulanması kontrol gruplarına oranla 2019 yılı bahar mevsimi çim kalitesini %23 artırmıştır. Genel bir eğilim olarak N uygulama oranının artışıyla 2019 yılı bahar mevsimi çim kalitesinde doğrusal bir artış gözlenmiştir. 3 kere tek başına 5 g/m² N uygulaması (N_2PS_0 (3x)) sonucu çim kalite değerleri ile 3 kere 5 g/m² N ile birlikte PS uygulamaları (N_2PS_1 (3x) ve N_2PS_2 (3x)) sonucu çim kalite değerleri aynı (7.2) olmuştur. Yani, yüksek oranda N

uygulamasına PS ilavesi kaliteyi artırmamıştır. 3 kere uygulama yapılan parsellerin çim kalite değerleri 2 kere uygulama yapılan parsellere göre daha yüksek olmuştur. Fakat bu fark istatistiki olarak önemli bulunmamıştır.



Şekil 4.1. Uygulamalar sonucu çim kalitesinde gözlemlenen varyasyon. a) kış mevsimi, b) bahar mevsimi

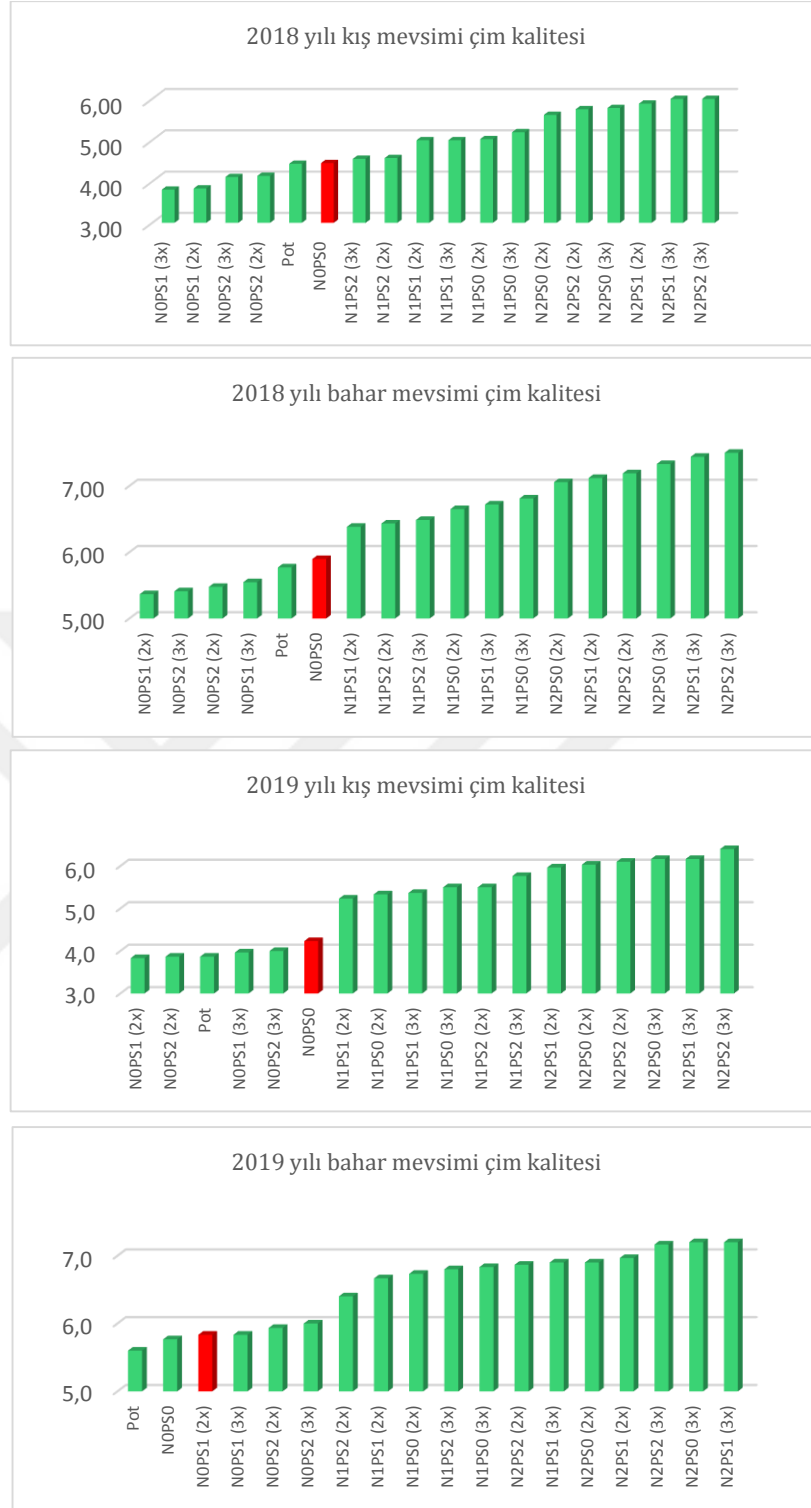
Çizelge 4.1. Çim kalite değerleri

| Yıl | Uygulamalar | Kış Kalite | Kontrole göre fark (%) | Bahar Kalite | Kontrole göre fark (%) |
|------------------|-------------------------------------|--------------------|------------------------|---------------------|------------------------|
| 1. yıl (2018) | Pot. | 4.4 ^{ab} | 0 | 5.8 ^a | -2 |
| | N ₀ PS ₀ | 4.4 ^{ab} | - | 5.9 ^{ab} | - |
| | N ₀ PS ₁ (2x) | 3.8 ^a | -14 | 5.4 ^a | -9 |
| | N ₀ PS ₁ (3x) | 3.8 ^a | -14 | 5.5 ^a | -6 |
| | N ₀ PS ₂ (2x) | 4.1 ^a | -7 | 5.5 ^a | -7 |
| | N ₀ PS ₂ (3x) | 4.1 ^a | -8 | 5.4 ^a | -8 |
| | N ₁ PS ₀ (2x) | 5.0 ^{bc} | 13 | 6.7 ^{cde} | 13 |
| | N ₁ PS ₀ (3x) | 5.2 ^{bc} | 17 | 6.8 ^{cdef} | 15 |
| | N ₁ PS ₁ (2x) | 5.0 ^{bc} | 12 | 6.4 ^{bc} | 8 |
| | N ₁ PS ₁ (3x) | 5.0 ^{bc} | 12 | 6.7 ^{cde} | 14 |
| | N ₁ PS ₂ (2x) | 4.6 ^{ab} | 3 | 6.4 ^{bc} | 9 |
| | N ₁ PS ₂ (3x) | 4.6 ^{ab} | 2 | 6.5 ^{cd} | 10 |
| | N ₂ PS ₀ (2x) | 5.6 ^{bcd} | 26 | 7.1 ^{defg} | 20 |
| | N ₂ PS ₀ (3x) | 5.8 ^{cd} | 30 | 7.3 ^{fg} | 24 |
| | N ₂ PS ₁ (2x) | 5.9 ^d | 32 | 7.1 ^{efg} | 21 |
| | N ₂ PS ₁ (3x) | 6.0 ^d | 35 | 7.4 ^g | 26 |
| | N ₂ PS ₂ (2x) | 5.8 ^{cd} | 29 | 7.2 ^{efg} | 22 |
| | N ₂ PS ₂ (3x) | 6.0 ^d | 36 | 7.6 ^g | 28 |
| | ort. | 5.0 | | 6.5 | |
| | SD | 0.8 | | 0.7 | |
| min. | 3.3 | | 4.9 | | |
| max. | 6.4 | | 7.7 | | |
| 2. yıl (2019) | Pot. | 3.9 ^a | -9 | 5.6 ^a | -4 |
| | N ₀ PS ₀ | 4.2 ^a | - | 5.8 ^a | - |
| | N ₀ PS ₁ (2x) | 3.8 ^a | -9 | 5.8 ^a | -1 |
| | N ₀ PS ₁ (3x) | 4.0 ^a | -6 | 5.8 ^a | 0 |
| | N ₀ PS ₂ (2x) | 3.9 ^a | -9 | 5.9 ^a | 2 |
| | N ₀ PS ₂ (3x) | 4.0 ^a | -6 | 6.0 ^{ab} | 3 |
| | N ₁ PS ₀ (2x) | 5.3 ^{bc} | 26 | 6.7 ^{cde} | 15 |
| | N ₁ PS ₀ (3x) | 5.5 ^{bcd} | 30 | 6.8 ^{cde} | 17 |
| | N ₁ PS ₁ (2x) | 5.2 ^b | 24 | 6.7 ^{cd} | 14 |
| | N ₁ PS ₁ (3x) | 5.4 ^{bc} | 27 | 6.9 ^{de} | 18 |
| | N ₁ PS ₂ (2x) | 5.5 ^{bcd} | 30 | 6.4 ^{bc} | 10 |
| | N ₁ PS ₂ (3x) | 5.8 ^{bcd} | 36 | 6.8 ^{cde} | 17 |
| | N ₂ PS ₀ (2x) | 6.0 ^{de} | 43 | 6.9 ^{de} | 18 |
| | N ₂ PS ₀ (3x) | 6.2 ^e | 46 | 7.2 ^e | 23 |
| | N ₂ PS ₁ (2x) | 6.0 ^{cde} | 41 | 7.0 ^{de} | 19 |
| | N ₂ PS ₁ (3x) | 6.2 ^e | 46 | 7.2 ^e | 23 |
| | N ₂ PS ₂ (2x) | 6.1 ^{de} | 44 | 6.9 ^{de} | 18 |
| | N ₂ PS ₂ (3x) | 6.4 ^e | 51 | 7.2 ^e | 23 |
| | ort. | 5.2 | | 6.5 | |
| | SD | 1.0 | | 0.6 | |
| min. | 3.7 | | 5.5 | | |
| max. | 6.6 | | 7.4 | | |

* Harflendirmeler yıl ve mevsim düzeyinde ayrı ayrı hesaplanan Duncan_(0.05) değerlerine göre yapılmıştır.

** Duncan testine göre % 5 önem düzeyinde farklı ortalamalar farklı harflerle gösterilmiştir.

*** Değerler virgülden sonra en yakın 1 ondalık basamaklı sayıya yuvarlanmıştır.



Şekil 4.2. Çim kalite değerlerinin grafik gösterimi

4.2. Çim Rengi

Farklı oranlarda N ve PS uygulamalarının Japon çiminin 2018 yılı kış mevsimi çim rengine etkilerini belirlemek amacıyla alınan gözlem verileri ve yapılan

analiz sonuçları Çizelge 4.2'de sunulmuştur. Farklı uygulamalar yapılan çimlerin kış ve bahar mevsimi renk değerleri, önemli varyasyonlar göstermiştir (Şekil 4.3 ve Şekil 4.4). 3 kere 5 gr/m² N ile birlikte 6 ml/l PS (N₂PS₁ (3x)) uygulaması, çim rengini önemli ölçüde (%47) artırmıştır. Tek başına PS uygulamaları (N₀PS₁ ve N₀PS₂) çim rengini azaltmış olsa da bu fark istatistiki olarak önemli bulunmamıştır. Tek başına Pot. uygulaması çim rengi değerlerini değiştirmemiştir. Uygulamaların 2 veya 3 kere yapılması 2018 yılı kış mevsimi çim rengi değerlerini önemli ölçüde etkilememiştir.

2018 yılı bahar mevsimi çim rengi değerleri ve analiz sonuçları Çizelge 4.2'de sunulmuştur. Kontrol uygulamalarında 5.7 olan çim rengi değeri 3 kere 5 gr/m² N ile birlikte 3 ml/l PS uygulaması (N₂PS₁ (3x)) ile birlikte 7.6'ya çıkararak, %33'lük bir artış sağlanmıştır. Çim bitkilerine N uygulanmaksızın farklı oranlarda PS uygulamaları (N₀PS₁ ve N₀PS₂) çim rengi bakımından kontrol ile aynı istatistiki grupta yer almıştır. Aynı oranlarda N ve PS uygulamalarının 2 ya da 3 kere yapılması çim rengini bakımından önemli derecede etki oluşturmamıştır. Fakat 3 kere uygulama yapılan parsellerin çim rengi değeri genellikle daha yüksek olmuştur.

Farklı oranlarda N ve PS uygulaması yapılan parsellerin 2019 yılı kış mevsimi çim rengi değerleri ve analiz sonuçları Çizelge 4.2'de sunulmuştur. N ile birlikte PS uygulamaları ile kontrol grupları arasında 2019 yılı kış mevsimi çim rengi bakımından önemli farklar bulunmuş ve çim renginin kontrole göre %37 ile %71 arasında arttığı saptanmıştır. Örneğin kontrol uygulamasında 3.7 olan çim rengi, 5 gr/m² N ile birlikte 6 ml/l PS'nin 3 kere uygulaması (N₂PS₂ (3x)) sonucu 6.3'e çıkmıştır. 3 kere uygulama yapılan parsellerde çim rengi 2 kere uygulama yapılan parsellere göre daha yüksek bulunmuştur. Fakat bu fark istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur.

Farklı oranlarda N ve PS uygulaması yapılan ve kontrol parsellerinin 2019 yılı bahar mevsimi çim rengine ait bulgular ve analiz sonuçları Çizelge 4.2'de sunulmuştur. Çim rengi bakımından N ve PS uygulaması yapılan gruplar arasında önemli farklılıklar gözlenmiştir. Örneğin; kontrol parselleri 6.1 ile

kabul edilebilir bir renk değeri alırken, 3 kere 5 gr/m² N ile birlikte 6 ml/l PS uygulanan parseller (N₂PS₂ (3x)) 1-9 skalasında 7.3 değer alarak %20 artış göstermiştir. Tek başına 2 kere 3 ml/l PS uygulaması (N₀PS₁ (2x)) çim rengi değerlerini istatistiki olarak önemli derecede düşürmüştür. Bitkilere N uygulaması artan oran ile birlikte çim rengini lineer olarak artırmıştır.



Şekil 4.3. Uygulamalar sonucu çim renginde gözlemlenen varyasyon. a) kış mevsimi, b) bahar mevsimi

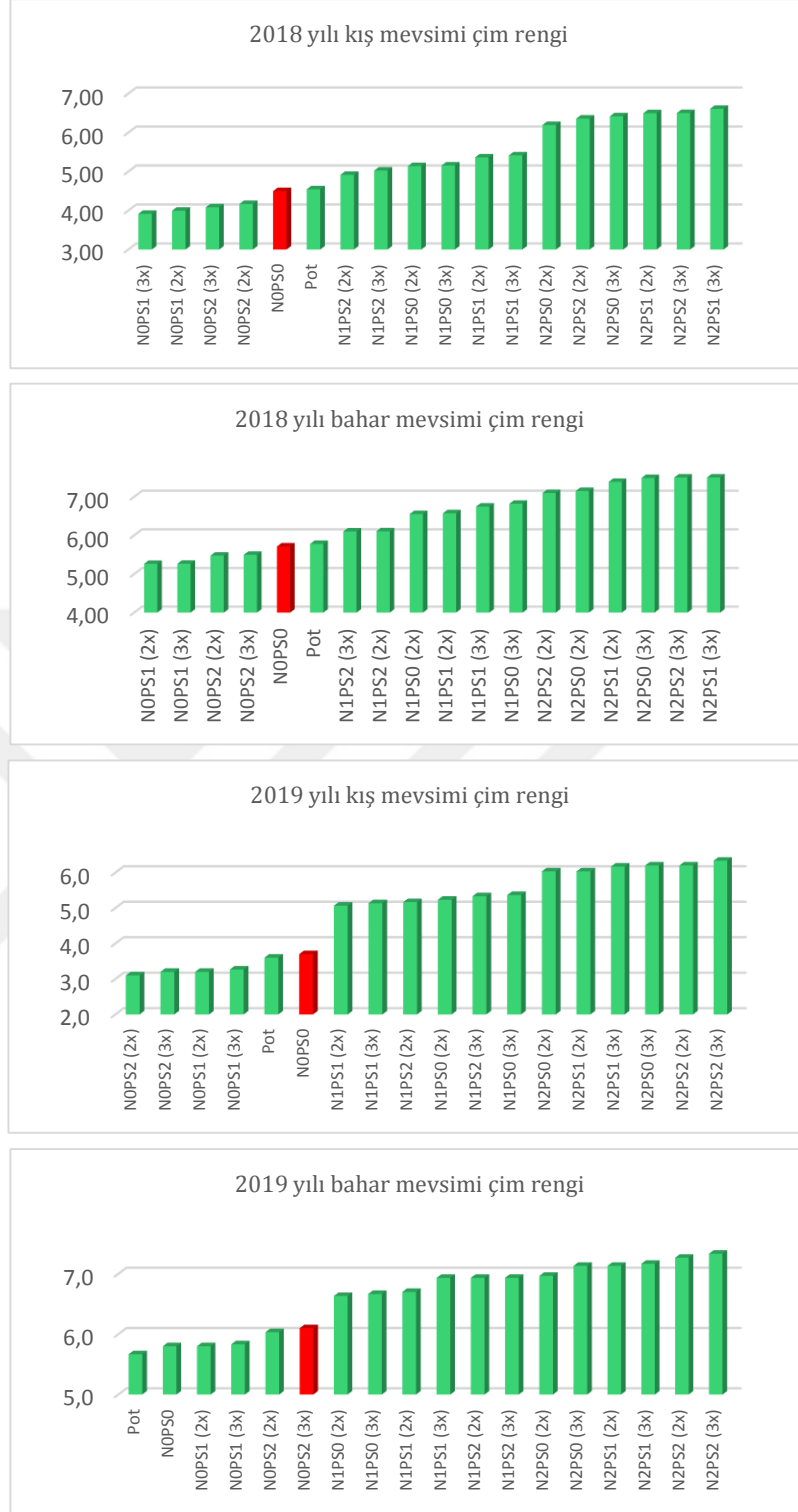
Çizelge 4.2. Çim renk değerleri

| Yıl | Uygulamalar | Kış Renk | Kontrole göre fark (%) | Bahar Renk | Kontrole göre fark (%) |
|------------------|-------------------------------------|----------------------|------------------------|--------------------|------------------------|
| 1. yıl (2018) | Pot. | 4.5 ^{abcde} | 1 | 5.8 ^{ab} | 1 |
| | N ₀ PS ₀ | 4.5 ^{abcd} | - | 5.7 ^{ab} | - |
| | N ₀ PS ₁ (2x) | 4.0 ^a | -11 | 5.3 ^a | -8 |
| | N ₀ PS ₁ (3x) | 3.9 ^a | -13 | 5.3 ^a | -8 |
| | N ₀ PS ₂ (2x) | 4.2 ^{abc} | -7 | 5.5 ^{ab} | -4 |
| | N ₀ PS ₂ (3x) | 4.1 ^{ab} | -9 | 5.5 ^{ab} | -4 |
| | N ₁ PS ₀ (2x) | 5.1 ^{de} | 14 | 6.6 ^{cd} | 15 |
| | N ₁ PS ₀ (3x) | 5.2 ^{de} | 15 | 6.8 ^{de} | 19 |
| | N ₁ PS ₁ (2x) | 5.4 ^{de} | 19 | 6.6 ^{cd} | 15 |
| | N ₁ PS ₁ (3x) | 5.4 ^e | 20 | 6.7 ^d | 18 |
| | N ₁ PS ₂ (2x) | 4.9 ^{bcde} | 9 | 6.1 ^{bc} | 7 |
| | N ₁ PS ₂ (3x) | 5.0 ^{cde} | 12 | 6.1 ^{bc} | 7 |
| | N ₂ PS ₀ (2x) | 6.2 ^f | 38 | 7.2 ^{def} | 25 |
| | N ₂ PS ₀ (3x) | 6.4 ^f | 43 | 7.5 ^f | 31 |
| | N ₂ PS ₁ (2x) | 6.5 ^f | 44 | 7.4 ^{ef} | 29 |
| | N ₂ PS ₁ (3x) | 6.6 ^f | 47 | 7.6 ^f | 33 |
| | N ₂ PS ₂ (2x) | 6.4 ^f | 41 | 7.1 ^{def} | 24 |
| | N ₂ PS ₂ (3x) | 6.5 ^f | 44 | 7.5 ^f | 32 |
| | ort. | 5.3 | | 6.5 | |
| | SD | 1.0 | | 0.9 | |
| min. | 3.5 | | 4.8 | | |
| max. | 7.0 | | 7.8 | | |
| 2. yıl (2019) | Pot. | 3.6 ^{ab} | -3 | 6.0 ^b | -1 |
| | N ₀ PS ₀ | 3.7 ^b | - | 6.1 ^b | - |
| | N ₀ PS ₁ (2x) | 3.2 ^{ab} | -14 | 5.7 ^a | -7 |
| | N ₀ PS ₁ (3x) | 3.3 ^{ab} | -12 | 5.8 ^{ab} | -5 |
| | N ₀ PS ₂ (2x) | 3.1 ^a | -16 | 5.8 ^{ab} | -5 |
| | N ₀ PS ₂ (3x) | 3.2 ^{ab} | -14 | 5.8 ^{ab} | -4 |
| | N ₁ PS ₀ (2x) | 5.2 ^c | 41 | 6.7 ^c | 10 |
| | N ₁ PS ₀ (3x) | 5.4 ^c | 45 | 6.9 ^{cd} | 14 |
| | N ₁ PS ₁ (2x) | 5.1 ^c | 37 | 6.7 ^c | 9 |
| | N ₁ PS ₁ (3x) | 5.1 ^c | 39 | 6.9 ^{cd} | 14 |
| | N ₁ PS ₂ (2x) | 5.2 ^c | 40 | 6.6 ^c | 9 |
| | N ₁ PS ₂ (3x) | 5.3 ^c | 44 | 6.9 ^{cd} | 14 |
| | N ₂ PS ₀ (2x) | 6.0 ^d | 63 | 7.0 ^{cde} | 14 |
| | N ₂ PS ₀ (3x) | 6.2 ^d | 68 | 7.2 ^{de} | 17 |
| | N ₂ PS ₁ (2x) | 6.0 ^d | 63 | 7.1 ^{de} | 17 |
| | N ₂ PS ₁ (3x) | 6.2 ^d | 67 | 7.3 ^{de} | 19 |
| | N ₂ PS ₂ (2x) | 6.2 ^d | 68 | 7.1 ^{de} | 17 |
| | N ₂ PS ₂ (3x) | 6.3 ^d | 71 | 7.3 ^e | 20 |
| | ort. | 4.9 | | 6.6 | |
| | SD | 1.2 | | 0.6 | |
| min. | 3.0 | | 5.4 | | |
| max. | 6.6 | | 7.4 | | |

* Harflendirmeler yıl ve mevsim düzeyinde ayrı ayrı hesaplanan Duncan_(0.05) değerlerine göre yapılmıştır.

** Duncan testine göre % 5 önem düzeyinde farklı ortalamalar farklı harflerle gösterilmiştir.

*** Değerler virgülden sonra en yakın 1 ondalık basamaklı sayıya yuvarlanmıştır.



Şekil 4.4. Çim renk değerlerinin grafik gösterimi

4.3. Çim Yoğunluğu

Farklı uygulamaların çim yoğunluğuna etkilerini belirlemek için her parselden tesadüfi olarak seçilen 3 noktadan 10.8 cm çapındaki çim profil örnekleme aleti

ile çıkarılan çim kalıplarındaki (Şekil 4.5) mevcut canlı çim sürgünleri nicel olarak sayılmış olup ortalamalar ve analiz sonuçları Çizelge 4.3'te verilmiştir. Uygulamalar sonucu çim yoğunluklarında gözlenen varyasyon Şekil 4.6'da görülmektedir. Çim kalıplarındaki her bir sürgünün sayımı sonucu elde edilen verilerde istatistiki olarak önemli farklılıklar bulunmuştur. Çeşitli uygulamalar sonucu 2018 yılı çim yoğunluğu %29'a kadar artış göstermiştir. Kontrol uygulamalarında ortalama 86 sürgün sayısı/birim alan olan sürgün yoğunluğu 3 kere 5 gr/m² N ile birlikte 6 ml/l PS uygulaması (N₂PS₂ (3x)) ile 111 sürgün sayısı/birim alan olmuştur. Tek başına Pot. uygulaması sürgün yoğunluğunu azaltmış olsa da bu fark istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. 2 kere tek başına 3 ml/l PS uygulaması (N₀PS₁ (2x)) sürgün yoğunluğunu kontrole göre istatistiki olarak önemli derecede azaltmıştır.

2019 yılı çim yoğunluğunu ait veriler ve analiz sonuçları Çizelge 4.3'te sunulmuştur. 2019 yılı çim yoğunluğu verileri incelendiğinde bazı uygulamalar ile kontrol bitkileri arasında bu özellik bakımından istatistiki olarak önemli farklılıklar bulunmuştur. Örneğin; 3 kere 5 gr/m² N ile birlikte 3 ml/l PS uygulaması (N₂PS₁ (3x)) ile kontrol uygulamalarına kıyasla %38 daha fazla çim yoğunluğu belirlenmiştir. Kontrol uygulaması (N₀PS₀) ile Pot. uygulaması çim yoğunluğu değerleri aynı olmuştur (78 sürgün sayısı/birim alan). Tek başına PS uygulamaları (N₀PS₂ (2x) hariç) 2019 yılı çim yoğunluğu değerlerini istatistiki olarak önemli derecede düşürmüştür.



Şekil 4.5. Çim kalıbı

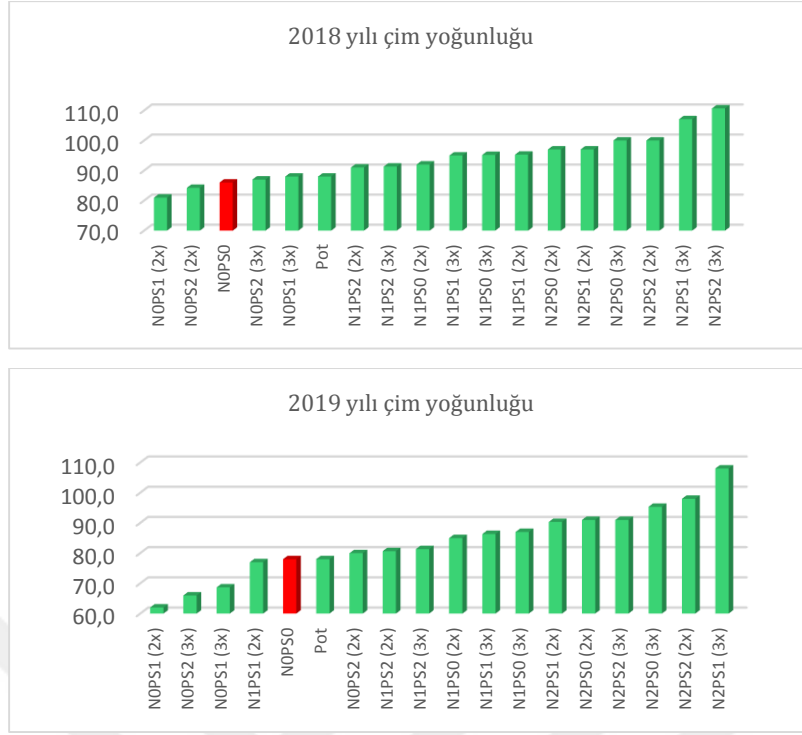
Çizelge 4.3. Çim yoğunluk değerleri

| Yıl | Uygulamalar | Çim Yoğunluğu | Kontrole göre fark (%) | |
|------------------|-------------------------------------|-------------------|------------------------|--|
| 1. yıl (2018) | Pot. | 88 ^{cd} | 2 | |
| | N ₀ PS ₀ | 86 ^{bc} | - | |
| | N ₀ PS ₁ (2x) | 81 ^a | -6 | |
| | N ₀ PS ₁ (3x) | 88 ^{cd} | 2 | |
| | N ₀ PS ₂ (2x) | 84 ^b | -2 | |
| | N ₀ PS ₂ (3x) | 87 ^{bc} | 1 | |
| | N ₁ PS ₀ (2x) | 92 ^e | 7 | |
| | N ₁ PS ₀ (3x) | 95 ^f | 11 | |
| | N ₁ PS ₁ (2x) | 95 ^f | 11 | |
| | N ₁ PS ₁ (3x) | 95 ^f | 10 | |
| | N ₁ PS ₂ (2x) | 91 ^{de} | 6 | |
| | N ₁ PS ₂ (3x) | 91 ^e | 6 | |
| | N ₂ PS ₀ (2x) | 97 ^{fg} | 13 | |
| | N ₂ PS ₀ (3x) | 100 ^f | 16 | |
| | N ₂ PS ₁ (2x) | 97 ^{fg} | 13 | |
| | N ₂ PS ₁ (3x) | 107 ^h | 25 | |
| | N ₂ PS ₂ (2x) | 100 ^f | 16 | |
| | N ₂ PS ₂ (3x) | 111 | 29 | |
| | | ort. | 94 | |
| | | SD | 8 | |
| | min. | 80 | | |
| | max. | 114 | | |
| 2. yıl (2019) | Pot. | 78 ^b | 0 | |
| | N ₀ PS ₀ | 78 ^b | - | |
| | N ₀ PS ₁ (2x) | 62 ^a | -21 | |
| | N ₀ PS ₁ (3x) | 69 ^a | -12 | |
| | N ₀ PS ₂ (2x) | 80 ^{bc} | 3 | |
| | N ₀ PS ₂ (3x) | 66 ^a | -15 | |
| | N ₁ PS ₀ (2x) | 85 ^{bcd} | 9 | |
| | N ₁ PS ₀ (3x) | 87 ^{cd} | 12 | |
| | N ₁ PS ₁ (2x) | 77 ^b | -1 | |
| | N ₁ PS ₁ (3x) | 86 ^{cd} | 11 | |
| | N ₁ PS ₂ (2x) | 81 ^{bc} | 3 | |
| | N ₁ PS ₂ (3x) | 81 ^{bc} | 4 | |
| | N ₂ PS ₀ (2x) | 91 ^{de} | 17 | |
| | N ₂ PS ₀ (3x) | 95 ^e | 22 | |
| | N ₂ PS ₁ (2x) | 90 ^{de} | 16 | |
| | N ₂ PS ₁ (3x) | 108 ^f | 38 | |
| | N ₂ PS ₂ (2x) | 98 ^e | 26 | |
| | N ₂ PS ₂ (3x) | 91 ^{de} | 17 | |
| | | ort. | 84 | |
| | | SD | 12 | |
| | min. | 60 | | |
| | max. | 111 | | |

* Harflendirmeler yıl düzeyinde ayrı ayrı hesaplanan Duncan_(0.05) değerlerine göre yapılmıştır.

** Duncan testine göre % 5 önem düzeyinde farklı ortalamalar farklı harflerle gösterilmiştir.

*** Değerler en yakın tam sayılara yuvarlanmıştır.



Şekil 4.6. Çim yoğunluk değerlerinin grafik gösterimi

4.4. Çim İndeks Değeri (NDVI)

Her bir parselden TCM 500 NDVI Turf Color Meter (Şekil 4.7) ile yapılan okumaların ortalama ve analiz sonuçları Çizelge 4.4'te sunulmuştur. Farklı uygulamalar sonucu çim indeks değerlerinde gözlenen varyasyon Şekil 4.8'de görülmektedir.

Çizelge 4.4'te görüldüğü gibi, bazı N ve PS uygulamaları 2018 yılı kış mevsimi çim indeks değerlerini belirgin bir şekilde artırmıştır. Örneğin; 3 kere tek başına 5 g/m² N uygulaması (N₂PS₀ (3x)) ve 3 kere 5 g/m² ile birlikte 3 ml/l PS uygulaması (N₂PS₁ (3x)) çim indeks değerini %15 artırmıştır. N oranlarının artışıyla birlikte çim indeks değerleri lineer bir şekilde artış göstermiştir. Pot. uygulaması ile kontrol grupları aynı çim indeks değerlerine sahip olmuştur. Uygulamaların 2 veya 3 kere yapılmış olması ise önemli etkiler oluşturmamıştır.



Şekil 4.7. TCM 500 NDVI ölçüm cihazı ile okuma yapılması

2018 yılı bahar mevsimi çim indeks değerleri ve analiz sonuçları Çizelge 4.4'te sunulmuştur. Çeşitli uygulamalar ve kontrol grupları arasında tespit edilen farklar istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Kontrol uygulamalarında 6.04 olan çim indeks değeri 3 kere 5 gr/m² N ile birlikte 6 ml/l PS uygulaması (N₂PS₂ (3x)) sonucu 6.57'ye çıkmıştır. Tek başına PS uygulamaları çim indeks değerlerini düşürmüştür. Fakat bu düşüş istatistiki olarak önemli bulunmamıştır. Tek başına veya PS ile birlikte N uygulaması yapılan parsellerin çim indeks değerleri bütün parsellerde kontrol bitkilerinin indeks değerinin üzerinde olmuştur. Pot. uygulaması çim indeks değerini önemli ölçüde artırmamıştır. Uygulamaların 2 veya 3 kere yapılması istatistiki olarak önemli bir fark oluşturmamıştır.

2019 yılı kış mevsimi çim indeks değerlerine ait veriler ve analiz sonuçları Çizelge 4.4'te verilmiştir. Buna göre bazı uygulamalar çim indeks değerlerini önemli ölçüde artırmıştır. Pot. uygulaması yapılan parseller çim indeks değerleri bakımında kontrole göre bir miktar artış gösterse de bu artış istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. Uygulamaların 2 veya 3 kere yapılmış olması önemli etkiler oluşturmamıştır.

2019 yılı bahar mevsimi çim indeks değerine ait bulgular ve analiz sonuçları Çizelge 4.4'te sunulmuştur. Uygulamalar sonucu istatistiki olarak önemli sonuçlar gözlenmiştir. Örneğin; 3 kere 5 g/m² ile birlikte 6 ml/l PS uygulaması (N₂PS₂ (3x)) çim indeks değerini kontrol bitkilerine kıyasla %6 artırmıştır. Uygulamaların 2 veya 3 kere yapılması ise istatistiki olarak önemli bir fark oluşturmamıştır.

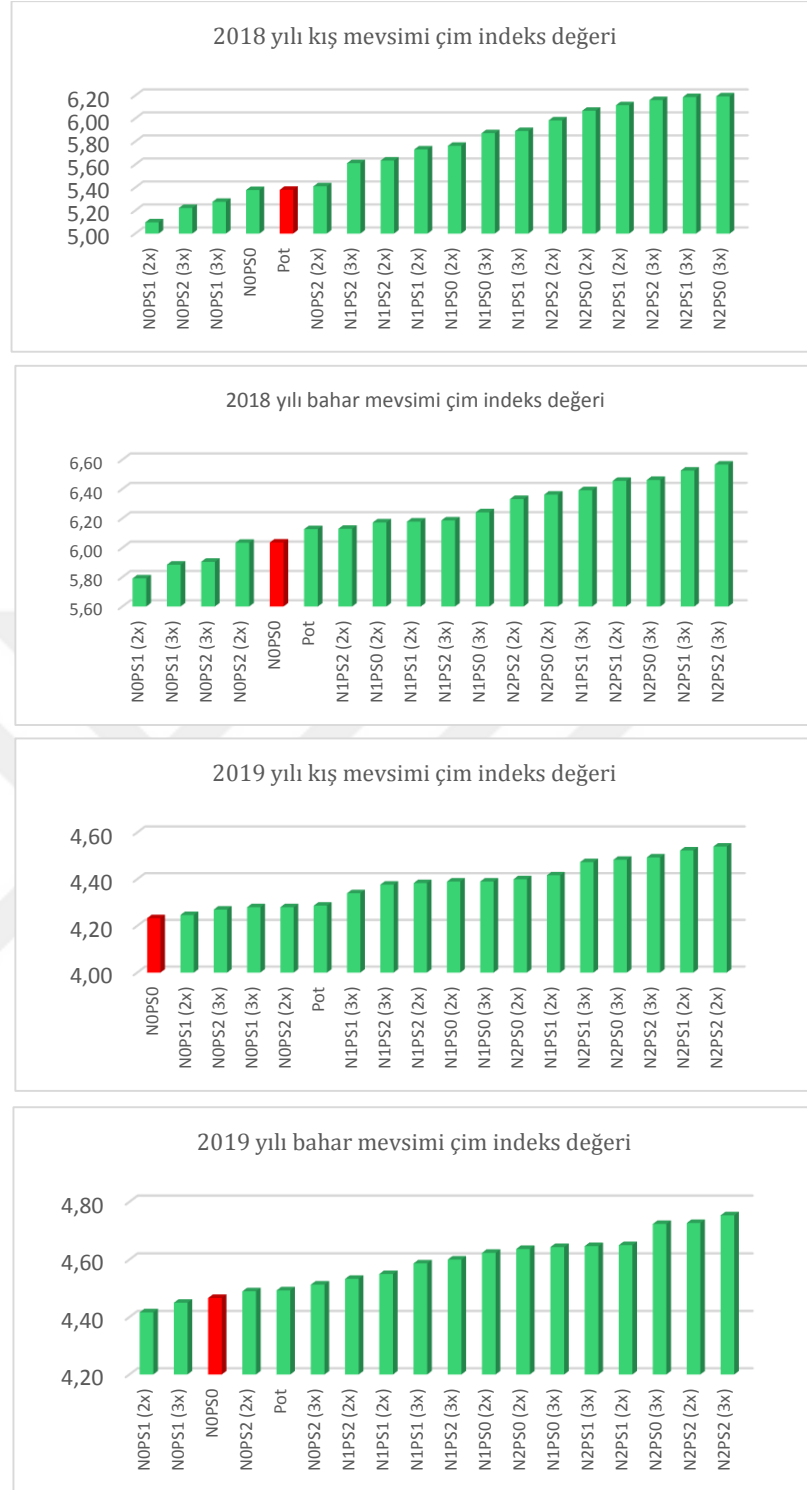
Çizelge 4.4. Çim indeks değerleri

| Yıl | Uygulamalar | Kış NDVI | Kontrolle göre fark (%) | Bahar NDVI | Kontrolle göre fark (%) |
|------------------|-------------------------------------|-----------------------|----------------------------|-----------------------|----------------------------|
| 1. yıl (2018) | Pot. | 5.38 ^{abc} | 0 | 6.13 ^{bcd} | 2 |
| | N ₀ PS ₀ | 5.38 ^{abc} | - | 6.04 ^{abc} | - |
| | N ₀ PS ₁ (2x) | 5.10 ^a | -5 | 5.79 ^a | -4 |
| | N ₀ PS ₁ (3x) | 5.28 ^{ab} | -2 | 5.88 ^{ab} | -3 |
| | N ₀ PS ₂ (2x) | 5.41 ^{abc} | 1 | 6.03 ^{abc} | 0 |
| | N ₀ PS ₂ (3x) | 5.22 ^{ab} | -3 | 5.90 ^{ab} | -2 |
| | N ₁ PS ₀ (2x) | 5.76 ^{cdef} | 7 | 6.17 ^{cde} | 2 |
| | N ₁ PS ₀ (3x) | 5.87 ^{defg} | 9 | 6.24 ^{cdef} | 3 |
| | N ₁ PS ₁ (2x) | 5.73 ^{cde} | 7 | 6.18 ^{cde} | 2 |
| | N ₁ PS ₁ (3x) | 5.89 ^{defg} | 9 | 6.39 ^{efg} | 6 |
| | N ₁ PS ₂ (2x) | 5.64 ^{bcd} | 5 | 6.13 ^{bcd} | 2 |
| | N ₁ PS ₂ (3x) | 5.61 ^{bcd} | 4 | 6.19 ^{cde} | 2 |
| | N ₂ PS ₀ (2x) | 6.07 ^{efg} | 13 | 6.36 ^{defg} | 5 |
| | N ₂ PS ₀ (3x) | 6.19 ^g | 15 | 6.46 ^{fg} | 7 |
| | N ₂ PS ₁ (2x) | 6.12 ^{efg} | 14 | 6.46 ^{fg} | 7 |
| | N ₂ PS ₁ (3x) | 6.19 ^g | 15 | 6.53 ^g | 8 |
| | N ₂ PS ₂ (2x) | 5.98 ^{defg} | 11 | 6.33 ^{defg} | 5 |
| | N ₂ PS ₂ (3x) | 6.16 ^{fg} | 14 | 6.57 ^g | 9 |
| | ort. | 5.72 | | 6.21 | |
| | SD | 0.40 | | 0.25 | |
| min. | 4.84 | | 5.58 | | |
| max. | 6.33 | | 6.72 | | |
| 2. yıl (2019) | Pot. | 4.29 ^{abcd} | 1 | 4.49 ^{abc} | 1 |
| | N ₀ PS ₀ | 4.23 ^a | - | 4.47 ^{abc} | - |
| | N ₀ PS ₁ (2x) | 4.25 ^{ab} | 0 | 4.42 ^a | -1 |
| | N ₀ PS ₁ (3x) | 4.28 ^{abcd} | 1 | 4.45 ^{ab} | 0 |
| | N ₀ PS ₂ (2x) | 4.28 ^{abcd} | 1 | 4.49 ^{abc} | 1 |
| | N ₀ PS ₂ (3x) | 4.27 ^{abc} | 1 | 4.51 ^{abc} | 1 |
| | N ₁ PS ₀ (2x) | 4.39 ^{cdefg} | 4 | 4.62 ^{bcde} | 4 |
| | N ₁ PS ₀ (3x) | 4.39 ^{cdefg} | 4 | 4.64 ^{bcde} | 4 |
| | N ₁ PS ₁ (2x) | 4.42 ^{defg} | 4 | 4.55 ^{abcd} | 2 |
| | N ₁ PS ₁ (3x) | 4.34 ^{abcde} | 3 | 4.59 ^{abcde} | 3 |
| | N ₁ PS ₂ (2x) | 4.38 ^{bcdef} | 4 | 4.53 ^{abcd} | 1 |
| | N ₁ PS ₂ (3x) | 4.38 ^{bcdef} | 3 | 4.60 ^{abcde} | 3 |
| | N ₂ PS ₀ (2x) | 4.40 ^{cdefg} | 4 | 4.64 ^{bcde} | 4 |
| | N ₂ PS ₀ (3x) | 4.48 ^{fg} | 6 | 4.72 ^{de} | 6 |
| | N ₂ PS ₁ (2x) | 4.52 ^g | 7 | 4.65 ^{cde} | 4 |
| | N ₂ PS ₁ (3x) | 4.47 ^{efg} | 6 | 4.65 ^{cde} | 4 |
| | N ₂ PS ₂ (2x) | 4.54 ^g | 7 | 4.73 ^{de} | 6 |
| | N ₂ PS ₂ (3x) | 4.49 ^{fg} | 6 | 4.75 ^e | 6 |
| | ort. | 4.38 | | 4.58 | |
| | SD | 0.11 | | 0.13 | |
| min. | 4.15 | | 4.28 | | |
| max. | 4.60 | | 4.81 | | |

* Harflendirmeler yıl ve mevsim düzeyinde ayrı ayrı hesaplanan Duncan_(0,05) değerlerine göre yapılmıştır.

** Duncan testine göre % 5 önem düzeyinde farklı ortalamalar farklı harflerle gösterilmiştir.

*** Değerler virgülden sonra en yakın 2 ondalık basamaklı sayıya yuvarlanmıştır.



Şekil 4.8. Çim indeks değerlerinin grafik gösterimi

4.5. Klorofil İçeriği

Nispi klorofil içeriği, FieldScout CM 1000 Chlorophyll Meter (Şekil 4.9) vasıtasıyla 10 farklı noktadan ölçümler yapılarak ortalamalar belirlenmiş ve

analiz sonuçları Çizelge 4.5'te sunulmuştur. Farklı uygulamalar yapılan çimlerin klorofil içerikleri önemli varyasyonlar göstermiştir (Şekil 4.10). 2018 yılı kış mevsimi klorofil içeriğine ait ortalamalar incelendiğinde, kontrol bitkileri ile uygulama yapılan bitkilerin klorofil içerikleri arasında istatistiki olarak önemli farklılıklar bulunmuştur. Örneğin, 3 kere 5 gr/m² N ile birlikte 6 ml/l PS uygulaması (N₂PS₂ (3x)) 2018 yılı kış mevsimi klorofil içeriğini kontrole göre %48 oranında artırmıştır. Genel bir eğilim olarak uygulanan N miktarı arttıkça klorofil içeriği artmıştır. Kontrol ve Pot. uygulamaları aynı istatistiki grup içerisinde yer almıştır. Uygulamaların 2 veya 3 kere yapılması istatistiki olarak önemli bulunmamıştır.

2018 yılı bahar mevsimi klorofil içerik değerleri ve analiz sonuçları Çizelge 4.5'te verilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde, klorofil içeriklerinde önemli farklılıklar gözlenmiştir. En fazla artış %39 ile 3 kere tek başına 5 g/m² N uygulaması (N₂PS₀ (3x)) sonucu gözlenmiştir. Tek başına PS uygulamaları klorofil içeriğini düşürmüştür. Fakat bu düşüş istatistiki olarak önemli bulunmamıştır. Pot. uygulaması ile kontrol uygulaması aynı istatistiki grup içerisinde yer almıştır. 3 kere uygulama yapılması 2 kere uygulama yapılan parsellere göre klorofil içeriğini artırsa da değerler aynı istatistiki grupta yer almıştır.

Farklı oranlarda N ve PS uygulamalarının 2019 yılı kış mevsimi klorofil içerik değerleri ve analiz sonuçları Çizelge 4.5'te sunulmuş olup bu değerler incelendiğinde, uygulama yapılan parseller ve kontrol bitkileri arasındaki farkların istatistiki olarak önemli olduğu saptanmıştır. N uygulamalarıyla birlikte klorofil içerikleri artmıştır. 3 kere 5 gr/m² N ile birlikte 6 ml/l PS uygulaması ile (N₂PS₂ (3x)) klorofil içeriği %26'ya kadar artırılmıştır. Tek başına PS uygulamaları klorofil içeriğini düşürmüştür. Fakat tek başına PS uygulamaları ve kontrol uygulamaları aynı istatistiki grupta yer almışlardır. 3 kere uygulama yapılan parseller 2 kere uygulama yapılan parseller ile aynı istatistiki grupta yer alsa da klorofil içerikleri daha yüksek olmuştur.

2019 yılı bahar mevsimi klorofil içeriği verileri ve analiz sonuçları incelendiğinde, uygulamalar arası istatistiki farklılıklar gözlenmiştir (Çizelge 4.5). Örneğin, kontrol parsellerinde ortalama 144 olan klorofil içeriği, 3 kere 5 gr/m² N ile birlikte 6 ml/l PS uygulaması (N₂PS₂ (3x)) ile 196'ya (%36 artış) çıkmıştır. 3 kere uygulama yapılan parseller daha yüksek klorofil içeriğine sahip olsa da bu parseller 2 kere uygulama yapılan parsellerle aynı istatistiksel gruplarda yer almıştır. Pot. uygulaması klorofil içeriğini kontrol uygulamasına göre düşürmüş olsa da bu düşüş istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. Genel bir eğilim olarak, N oranı artışıyla birlikte klorofil içeriği artış göstermiştir.



Şekil 4.9. Klorofil ölçüm cihazı ile okuma yapılması

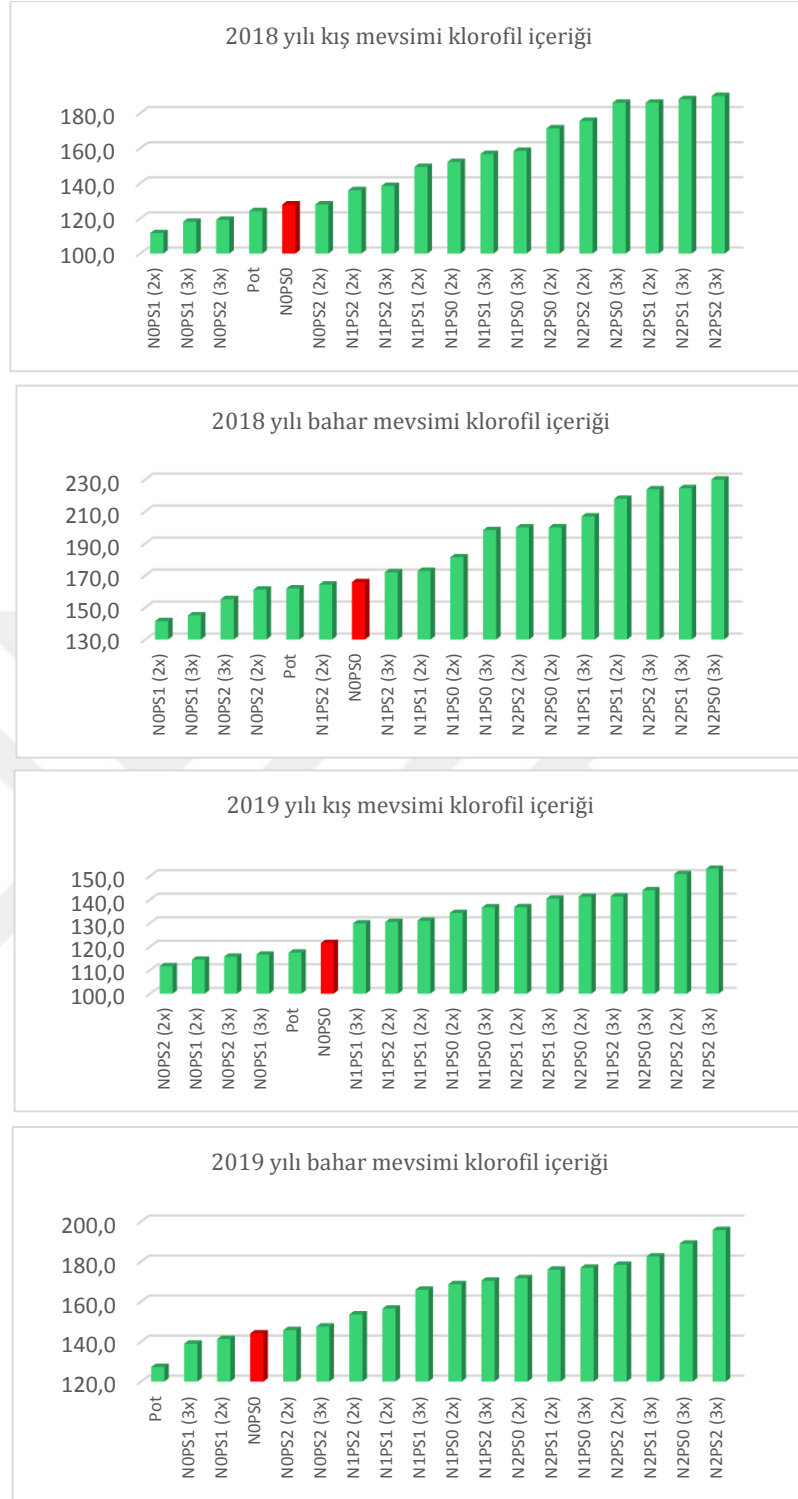
Çizelge 4.5. Klorofil içerik değerleri

| Yıl | Uygulamalar | Kış Klorofil | Kontrole göre fark (%) | Bahar Klorofil | Kontrole göre fark (%) |
|------------------|-------------------------------------|----------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| 1. yıl (2018) | Pot. | 124 ^{abc} | -3 | 162 ^{abc} | -2 |
| | N ₀ PS ₀ | 128 ^{abc} | - | 166 ^{abc} | - |
| | N ₀ PS ₁ (2x) | 112 ^a | -13 | 142 ^a | -15 |
| | N ₀ PS ₁ (3x) | 118 ^{ab} | -8 | 145 ^{ab} | -13 |
| | N ₀ PS ₂ (2x) | 128 ^{abc} | 0 | 161 ^{abc} | -3 |
| | N ₀ PS ₂ (3x) | 120 ^{ab} | -7 | 155 ^{ab} | -6 |
| | N ₁ PS ₀ (2x) | 152 ^{bcdef} | 19 | 181 ^{bcdef} | 9 |
| | N ₁ PS ₀ (3x) | 159 ^{cdefg} | 24 | 198 ^{cdefg} | 20 |
| | N ₁ PS ₁ (2x) | 149 ^{bcde} | 17 | 173 ^{abcde} | 4 |
| | N ₁ PS ₁ (3x) | 157 ^{cdefg} | 22 | 207 ^{efg} | 25 |
| | N ₁ PS ₂ (2x) | 136 ^{abcd} | 6 | 164 ^{abcd} | -1 |
| | N ₁ PS ₂ (3x) | 139 ^{abcd} | 8 | 172 ^{abcde} | 4 |
| | N ₂ PS ₀ (2x) | 171 ^{defg} | 34 | 200 ^{defg} | 21 |
| | N ₂ PS ₀ (3x) | 186 ^{fg} | 45 | 231 ^g | 39 |
| | N ₂ PS ₁ (2x) | 186 ^{fg} | 45 | 218 ^{fg} | 31 |
| | N ₂ PS ₁ (3x) | 188 ^{fg} | 47 | 225 ^g | 35 |
| | N ₂ PS ₂ (2x) | 176 ^{efg} | 37 | 200 ^{defg} | 21 |
| | N ₂ PS ₂ (3x) | 190 ^g | 48 | 224 ^g | 35 |
| | ort. | 151 | | 185 | |
| | SD | 31 | | 33 | |
| min. | 100 | | 128 | | |
| max. | 205 | | 253 | | |
| 2. yıl (2019) | Pot. | 118 ^{abc} | -3 | 127 ^a | -12 |
| | N ₀ PS ₀ | 122 ^{abc} | - | 144 ^{abc} | - |
| | N ₀ PS ₁ (2x) | 115 ^{ab} | -6 | 141 ^{abc} | -2 |
| | N ₀ PS ₁ (3x) | 117 ^{abc} | -4 | 139 ^{ab} | -4 |
| | N ₀ PS ₂ (2x) | 112 ^a | -8 | 146 ^{abcd} | 1 |
| | N ₀ PS ₂ (3x) | 116 ^{ab} | -5 | 148 ^{abcde} | 2 |
| | N ₁ PS ₀ (2x) | 134 ^{bcdef} | 11 | 169 ^{bcdefg} | 17 |
| | N ₁ PS ₀ (3x) | 137 ^{cdef} | 12 | 177 ^{efg} | 23 |
| | N ₁ PS ₁ (2x) | 131 ^{abcde} | 8 | 157 ^{abcdef} | 9 |
| | N ₁ PS ₁ (3x) | 130 ^{abcde} | 7 | 166 ^{bcdefg} | 15 |
| | N ₁ PS ₂ (2x) | 131 ^{abcde} | 7 | 154 ^{abcdefg} | 7 |
| | N ₁ PS ₂ (3x) | 141 ^{def} | 16 | 170 ^{cdefg} | 18 |
| | N ₂ PS ₀ (2x) | 141 ^{def} | 16 | 172 ^{defg} | 19 |
| | N ₂ PS ₀ (3x) | 144 ^{ef} | 18 | 189 ^g | 31 |
| | N ₂ PS ₁ (2x) | 137 ^{cdef} | 13 | 176 ^{efg} | 22 |
| | N ₂ PS ₁ (3x) | 140 ^{def} | 16 | 183 ^{fg} | 27 |
| | N ₂ PS ₂ (2x) | 151 ^{ef} | 24 | 178 ^{fg} | 24 |
| | N ₂ PS ₂ (3x) | 153 ^f | 26 | 196 ^g | 36 |
| | ort. | 132 | | 163 | |
| | SD | 15 | | 23 | |
| min. | 105 | | 110 | | |
| max. | 160 | | 201 | | |

* Harflendirmeler yıl ve mevsim düzeyinde ayrı ayrı hesaplanan Duncan_(0.05) değerlerine göre yapılmıştır.

** Duncan testine göre % 5 önem düzeyinde farklı ortalamalar farklı harflerle gösterilmiştir.

*** Değerler en yakın tam sayılara yuvarlanmıştır.



Şekil 4.10. Klorofil içerik değerlerinin grafik gösterimi

4.6. Dormansi Oranı

Bilindiği üzere, sıcak iklim çim bitkileri kış aylarında sıcaklığın düşmesiyle birlikte gelişimini durdurmakta ve dormansiye girmektedir. Bitkilerin minimum

sürelerde dormanside kalması beklenmekte ve dormansi oranlarının düşük olması istenmektedir.

Yapılan N ve PS uygulamaları sonucu bitkilerin dormansi oranlarına ait veriler ve analiz sonuçları Çizelge 4.6'da sunulmuştur. Uygulamalar sonucu parsellerin dormansi oranlarında çeşitli varyasyonlar gözlenmiştir (Şekil 4.11, Şekil 4.12 ve Şekil 4.13). Analiz sonuçlarına bakıldığında; farklı uygulamalar yapılan bitkilerin dormansi oranları arasında önemli farklılıklar gözlenmiştir. Tek başına veya PS ile birlikte yüksek oranda N uygulaması yapılan parseller kontrol uygulamasına göre istatistiki olarak önemli ölçüde artış göstermiştir. Örneğin; 3 kere tek başına 5 gr/m² N uygulaması (N₂PS₀ (3x)) sonucu 2017 yılı aralık ayı dormansi oranı kontrole göre %74 azalarak önemli bir farklılık göstermiştir. Tersine, tek başına PS uygulaması kontrole göre artış göstermiş olsa da bu artış istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. Örneğin; 3 kere tek başına 6 ml/l PS uygulaması (N₀PS₁) yapılan parseller kontrol uygulamasına göre %32 daha fazla dormansi oranına sahip olarak istenmeyen bir etki yapmıştır. Tek başına Pot. uygulaması sonucu dormansi oranı kontrol grubuna göre istatistiki olarak önemli derecede (%48) artış göstermiştir. Uygulama sayısı (2 kere veya 3 kere) bakımından dormansi oranlarında önemli bir fark gözlenmemiştir.

2018 yılı ocak ayı dormansi oranlarına ait veriler ve analiz sonuçları Çizelge 4.6'da sunulmuştur. Sonuçlar değerlendirildiğinde; uygulamalar arası önemli farklılıklar olduğu anlaşılmaktadır. Örneğin; 2 kere 5 gr/m² N ile birlikte 3 ml/l PS uygulaması (N₂PS₁ (2x)) dormansi oranını kontrole göre %73 azaltmıştır. N uygulaması yapılmayan (tek başına PS uygulaması yapılan) parsellerin dormansi oranlarında artışlar gözlenirken bu artışlar istatistiki olarak önemli bulunmamıştır. Uygulama sayısı bakımından veriler incelendiğinde, 2 veya 3 kere aynı oranlarda uygulama yapılan parseller aynı istatistiki gruplarda yer almıştır.

2018 yılı şubat ayı dormansi oranlarına ait bulgular ve analiz sonuçları Çizelge 4.6'da sunulmuştur. Uygulamalar sonucu istatistiki olarak önemli farklılıklar gözlenmiştir. Örneğin; 2 kere 5 gr/m² N ile birlikte 3 ml/l PS uygulaması (N₂PS₁

(2x)) ile dormansi oranı %66'ya kadar azaltılmıştır. Tek başına PS uygulamaları dormansi oranlarını artırsa da değerler kontrol ile aynı istatistiksel grupta yer almıştır. Pot. uygulaması dormansi oranları ile kontrol uygulaması dormansi oranları aynı değere (%73) sahip olmuştur. Uygulanan N oranı arttıkça dormansi oranları azalmıştır. 3 kere uygulama yapılan parseller 2 kere uygulama yapılan parsellere göre daha düşük dormansi oranlarına sahip olmuştur. Fakat bu azalışlar istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur.

2018 yılı aralık ayı dormansi oranlarına ait bulgular ve analiz sonuçları Çizelge 4.6'da sunulmuştur. Sonuçlar incelendiğinde; uygulamalar arasında istatistiki olarak önemli farklılıklar gözlenmektedir. Örneğin; kontrol uygulamasında %38 olan dormansi oranı, 3 kere 5 gr/m² N ile birlikte 6 ml/l PS uygulaması (N₂PS₂ (3x)) sonucu %8'e düşerek %78 azalış göstermiştir. Bu uygulamanın aksine, 2 kere tek başına 6 ml/l PS uygulaması (N₀PS₂ (2x)) dormansi oranını %24 artırmıştır. Uygulama sayısının 2'den 3'e çıkarılması dormansi oranı bakımından istatistiki olarak önemli bir fark oluşturmamıştır.

Kontrol ve uygulama yapılan bitkilere ait 2019 yılı ocak ayı dormansi oranı verileri ve analiz sonuçları Çizelge 4.6'da sunulmuştur. Bu sonuçlara göre, 2019 yılı ocak ayı dormansi oranı 3 kere tek başına 6 ml/l PS uygulaması (N₂PS₂ (3x)) kontrole göre %78 oranında istatistiki olarak önemli azalış sağlanmıştır. 2 kere tek başına 6 ml/l PS uygulaması (N₀PS₂ (2x)) uygulaması sonucu ise dormansi oranı %23'e kadar (istatistiki olarak önemsiz) artış göstermiştir. Genel bir eğilim olarak, N uygulama oranı arttıkça, bitkilerin dormansiye girme oranları azalmıştır. Fakat uygulama sayıları istatistiki olarak önemli farklılıklar yaratmamıştır.

2019 yılı şubat ayı dormansi oranı verileri ve analiz sonuçları Çizelge 4.6'da verilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde; 3 kere 5 gr/m² N uygulaması (N₂PS₀ (3x)) ve 3 kere 5 gr/m² N ile birlikte 6 ml/l PS uygulaması (N₂PS₂ (3x)) sonucu dormansi oranlarında kontrole göre belirgin bir azalma (%53) olduğu görülmektedir. Tek başına 6 ml/l PS uygulaması (N₀PS₂ (2x)) dormansi oranını %14 artırsa da, istatistiki olarak önemli bir fark yaratmamıştır. Aynı şekilde

uygulama sayıları bakımından da dormansi oranlarında önemli farklılıklar gözlenmemiştir.

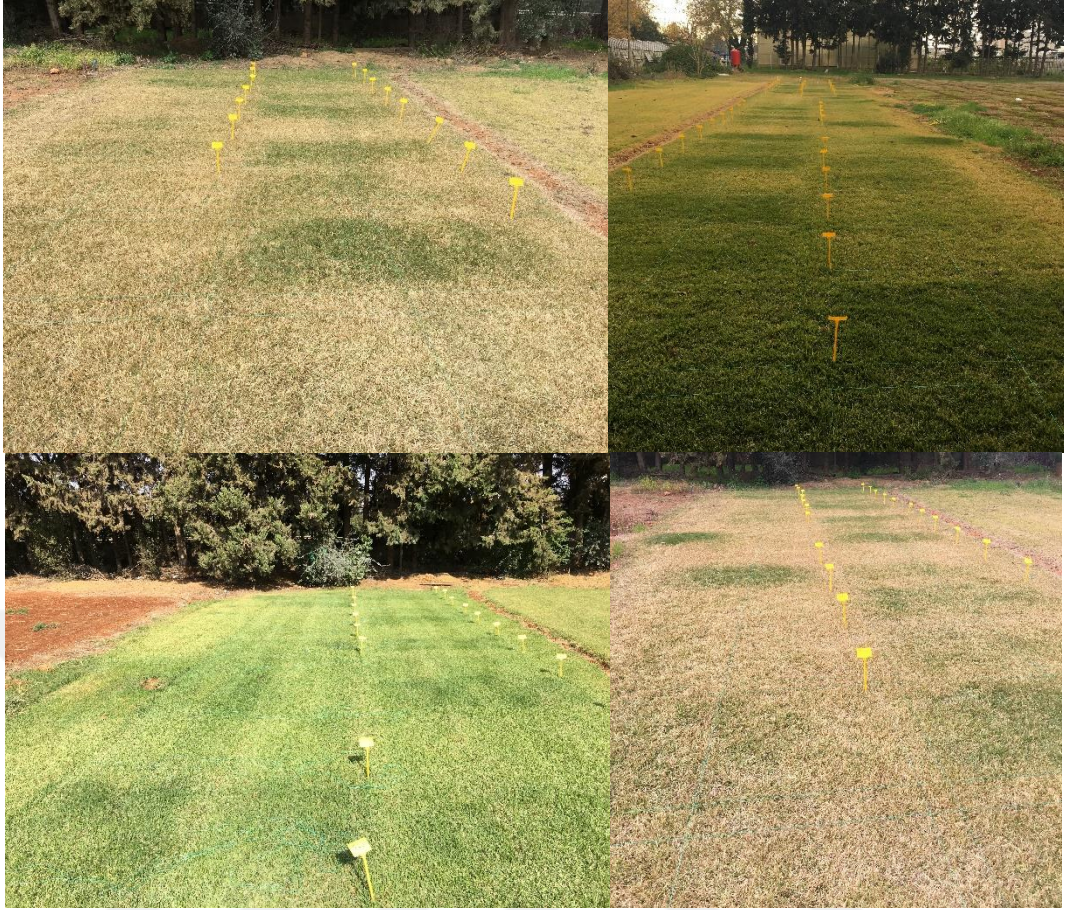
Çizelge 4.6. Dormansi oranları

| Yıl | Uygulamalar | Aralık dormansi oranı | Kontrolle göre fark (%) | Ocak dormansi oranı | Kontrolle göre fark (%) | Şubat dormansi oranı | Kontrolle göre fark (%) |
|---------------------------|-------------------------------------|-----------------------|-------------------------|---------------------|-------------------------|----------------------|-------------------------|
| 1. yıl (2017- 2018) | Pot. | 48 ^d | 48 | 44 ^{bcde} | -14 | 73 ^{defg} | 0 |
| | N ₀ PS ₀ | 32 ^{bc} | - | 52 ^{cdef} | - | 73 ^{defg} | - |
| | N ₀ PS ₁ (2x) | 43 ^{cd} | 32 | 69 ^f | 34 | 86 ^g | 18 |
| | N ₀ PS ₁ (3x) | 43 ^{cd} | 32 | 70 ^f | 35 | 86 ^g | 18 |
| | N ₀ PS ₂ (2x) | 37 ^{cd} | 14 | 63 ^{ef} | 23 | 81 ^{efg} | 11 |
| | N ₀ PS ₂ (3x) | 38 ^{cd} | 19 | 65 ^{ef} | 26 | 83 ^{fg} | 15 |
| | N ₁ PS ₀ (2x) | 14 ^a | -56 | 31 ^{abc} | -40 | 57 ^{bcdef} | -22 |
| | N ₁ PS ₀ (3x) | 13 ^a | -58 | 27 ^{ab} | -48 | 53 ^{abcd} | -28 |
| | N ₁ PS ₁ (2x) | 19 ^a | -40 | 38 ^{abcd} | -26 | 54 ^{bcde} | -25 |
| | N ₁ PS ₁ (3x) | 20 ^{ab} | -38 | 36 ^{abcd} | -31 | 51 ^{abcd} | -30 |
| | N ₁ PS ₂ (2x) | 22 ^{ab} | -33 | 53 ^{cdef} | 2 | 66 ^{cdefg} | -9 |
| | N ₁ PS ₂ (3x) | 22 ^{ab} | -33 | 56 ^{def} | 8 | 71 ^{defg} | -2 |
| | N ₂ PS ₀ (2x) | 9 ^a | -71 | 21 ^{ab} | -60 | 36 ^{ab} | -51 |
| | N ₂ PS ₀ (3x) | 8 ^a | -74 | 15 ^a | -71 | 31 ^{ab} | -57 |
| | N ₂ PS ₁ (2x) | 10 ^a | -69 | 14 ^a | -73 | 25 ^a | -66 |
| | N ₂ PS ₁ (3x) | 10 ^a | -69 | 17 ^a | -68 | 30 ^{ab} | -59 |
| | N ₂ PS ₂ (2x) | 9 ^a | -71 | 18 ^a | -66 | 37 ^{ab} | -49 |
| | N ₂ PS ₂ (3x) | 9 ^a | -71 | 21 ^{ab} | -60 | 41 ^{abc} | -44 |
| | ort. | 23 | | 39 | | 57 | |
| | SD | 14.6 | | 22.2 | | 23.7 | |
| min. | 5 | | 10 | | 18 | | |
| max. | 58 | | 83 | | 93 | | |
| 2. yıl (2018- 2019) | Pot. | 37 ^{cdef} | -3 | 52 ^{def} | -7 | 62 ^d | 1 |
| | N ₀ PS ₀ | 38 ^{def} | - | 56 ^{ef} | - | 61 ^d | - |
| | N ₀ PS ₁ (2x) | 43 ^{ef} | 15 | 66 ^f | 19 | 69 ^d | 13 |
| | N ₀ PS ₁ (3x) | 37 ^{cdef} | -3 | 63 ^f | 13 | 67 ^d | 10 |
| | N ₀ PS ₂ (2x) | 47 ^f | 24 | 69 ^f | 23 | 70 ^d | 14 |
| | N ₀ PS ₂ (3x) | 45 ^{ef} | 19 | 64 ^f | 16 | 68 ^d | 11 |
| | N ₁ PS ₀ (2x) | 27 ^{abcde} | -29 | 33 ^{abcd} | -40 | 44 ^{bc} | -28 |
| | N ₁ PS ₀ (3x) | 23 ^{abcd} | -38 | 33 ^{abcd} | -41 | 41 ^{abc} | -33 |
| | N ₁ PS ₁ (2x) | 32 ^{bcdef} | -16 | 40 ^{cde} | -28 | 46 ^{bc} | -25 |
| | N ₁ PS ₁ (3x) | 30 ^{bcdef} | -20 | 38 ^{bcde} | -32 | 41 ^{abc} | -33 |
| | N ₁ PS ₂ (2x) | 18 ^{abc} | -51 | 37 ^{bcde} | -34 | 49 ^c | -20 |
| | N ₁ PS ₂ (3x) | 13 ^{ab} | -65 | 25 ^{abc} | -54 | 41 ^{abc} | -33 |
| | N ₂ PS ₀ (2x) | 17 ^{ab} | -56 | 29 ^{abc} | -49 | 34 ^{ab} | -45 |
| | N ₂ PS ₀ (3x) | 13 ^{ab} | -65 | 21 ^{abc} | -62 | 29 ^a | -53 |
| | N ₂ PS ₁ (2x) | 18 ^{abc} | -51 | 25 ^{abc} | -55 | 38 ^{abc} | -38 |
| | N ₂ PS ₁ (3x) | 15 ^{ab} | -60 | 22 ^{abc} | -60 | 31 ^a | -49 |
| | N ₂ PS ₂ (2x) | 10 ^a | -73 | 19 ^{ab} | -66 | 38 ^{abc} | -38 |
| | N ₂ PS ₂ (3x) | 8 ^a | -78 | 16 ^a | -71 | 29 ^a | -53 |
| | ort. | 26 | | 39 | | 47 | |
| | SD | 14.7 | | 19.4 | | 15.3 | |
| min. | 5 | | 10 | | 23 | | |
| max. | 53 | | 75 | | 73 | | |

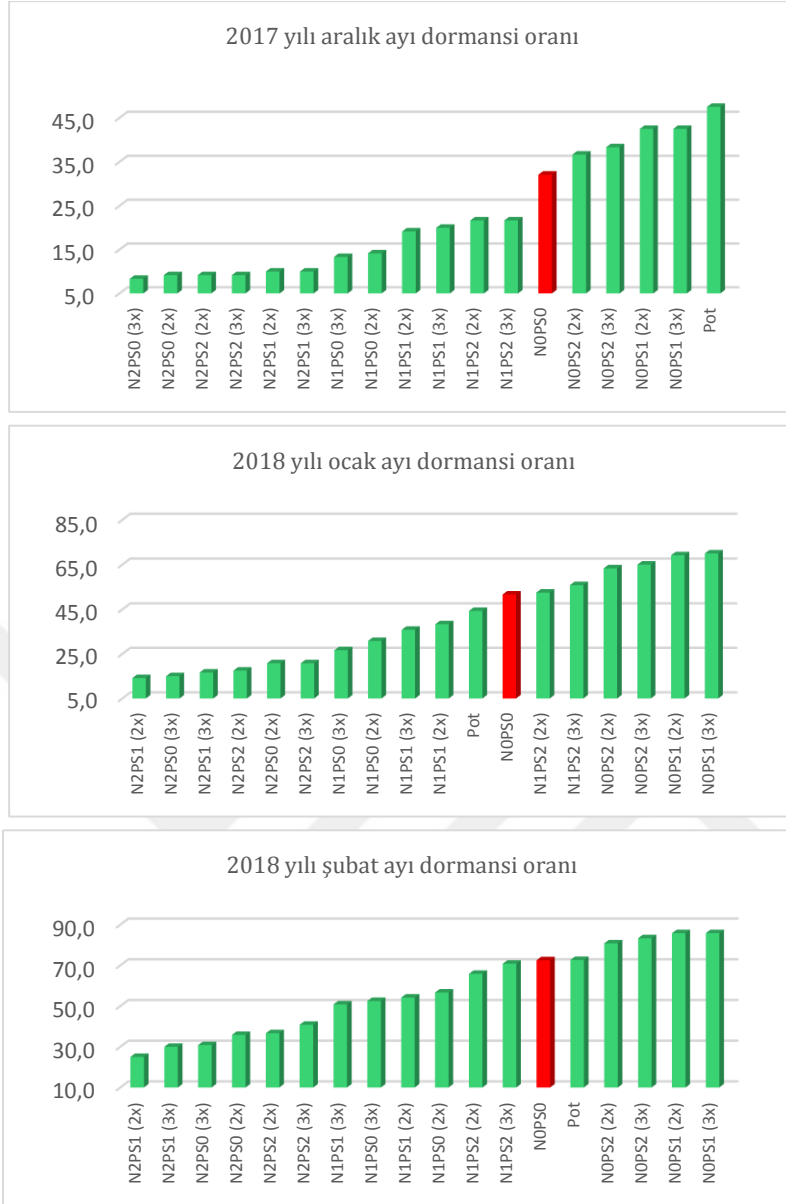
* Harflendirmeler yıl ve ay düzeyinde ayrı ayrı hesaplanan Duncan_(0,05) değerlerine göre yapılmıştır.

** Duncan testine göre % 5 önem düzeyinde farklı ortalamalar farklı harflerle gösterilmiştir.

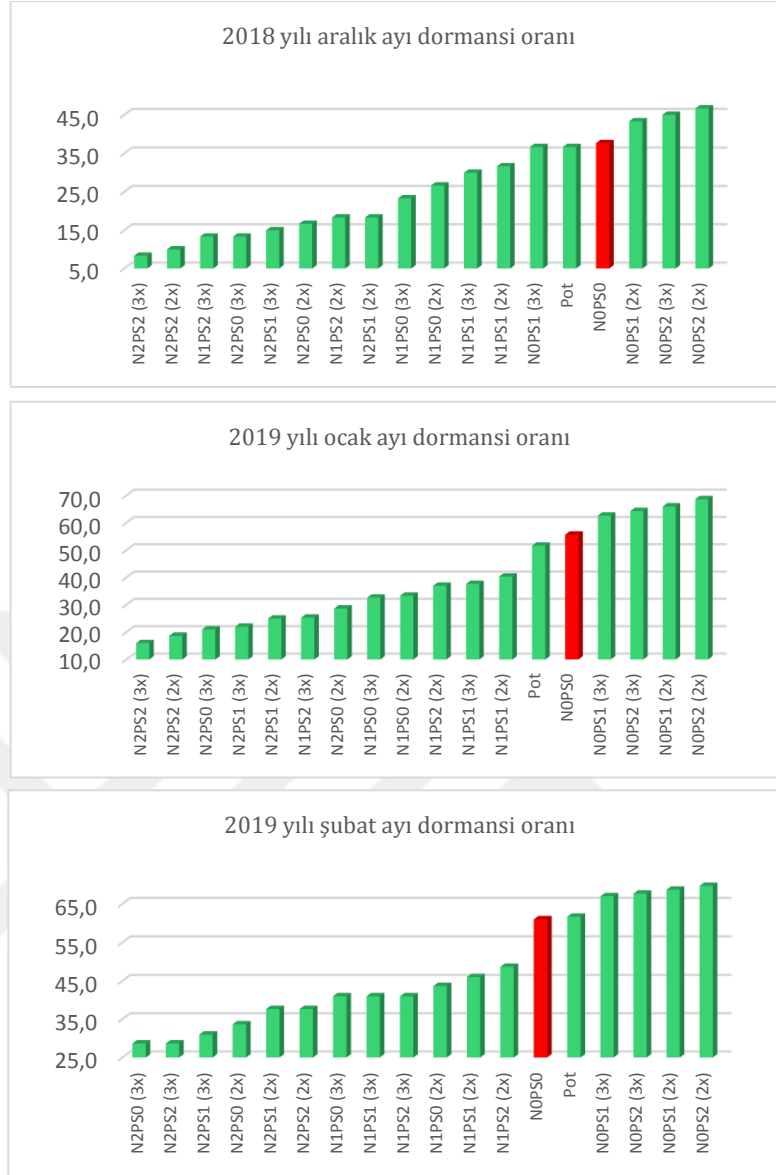
*** Değerler en yakın tam sayılara yuvarlanmıştır.



Şekil 4.11. Uygulamalar sonucu dormansi oranlarında gözlemlenen varyasyon



Şekil 4.12. 2017-2018 dormansi oranlarının grafik gösterimi



Şekil 4.13. 2018-2019 dormansi oranlarının grafik gösterimi

4.7. İlkbaharda Uyanma/Yeşillenme (Spring Green-up) Oranı

Bahar aylarında sıcaklıkların belirli bir derecenin üzerine çıkmasıyla sıcak iklim çim bitkileri dormansiden çıkarak yeniden yeşillenmektedir. Sürekli yeşil olması arzulanan çim bitkilerinin ilkbaharda erkenden yeşillenmesi çim bitkilerinde aranan bir özelliktir. Çalışma kapsamında uygulama yapılan bitkilerin ilkbahar aylarında yeniden yeşillenmeye başlamasıyla gözlemler alınmış, ilkbaharda yeşillenme oranları belirlenmiş ve analiz sonuçları Çizelge 4.7’de verilmiştir. Uygulamalar sonucu ilkbaharda yeşillenme oranlarında gözlenen varyasyonlar Şekil 4.14, Şekil 4.15 ve Şekil 4.16’da görülmektedir. Analiz sonuçlarına göre;

yüksek N oranları, Japon çiminin 2018 yılı mart ayı yeşillenme oranlarında önemli bir artışa neden olmuştur. Örneğin; 3 kere tek başına 5 g/m² N uygulaması (N₂PS₀ (3x)) yeşillenme oranını kontrole göre %53 artırarak önemli bir fark oluşturmuştur. 2 kere tek başına 3 ml/l PS uygulaması (N₀PS₁ (2x)) ise yeşillenme oranını kontrole göre %24 azaltmış olup bu fark istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. Veriler uygulama sayıları bakımından değerlendirildiğinde; 3 kere uygulama yapılan parsellerin yeşillenme oranları daha yüksek olmuştur. Fakat aynı oranlardaki uygulamalar aynı istatistiki grup içerisinde yer almıştır.

2018 yılı nisan ayı yeşillenme oranları analiz sonuçları Çizelge 4.7'de verilmiştir. Veriler değerlendirildiğinde; uygulamalar arasında önemli farklılıklar olduğu görülmektedir. Kontrol uygulaması %84 yeşillenme oranına sahipken, 3 kere 5 gr/m² N ile birlikte 6 ml/l PS uygulaması (N₂PS₂ (3x)) tamamen (%100) yeşillenmiştir. Buradaki %20'lik artış istatistiki olarak önemli bulunmuştur. 2 kere tek başına 3 ml/l PS uygulaması (N₀PS₁ (2x)) ise yeşillenme oranını önemli ölçüde (%19) azaltmıştır. Pot. uygulaması kontrol parseleriyle aynı istatistiki grupta yer almıştır. Uygulama sayıları yeşillenme oranlarını istatistiki olarak önemli ölçüde etkilememiştir.

2018 yılı mayıs ayı yeşillenme oranları ve analiz sonuçları Çizelge 4.7'de verilmiştir. 2018 yılı mayıs ayında sıcaklıkların yükselmesi sonucu bitkilerin büyük kısmı yeniden yeşillenmiş olması sebebiyle yeşillenme oranları açısından istatistiki olarak önemli bir farklılık gözlenmemiştir.

2019 yılı mart ayı yeşillenme oranlarına ait değerler ve analiz sonuçları Çizelge 4.7'de verilmiştir. İlkbaharda yeşillenme oranları açısından kontrol ve uygulama yapılan parseller arasında tespit edilen farklar istatistiki olarak önemli bulunmuştur. İlkbaharda yeşillenme oranı 3 kere 5 gr/m² N ile birlikte 6 ml/l PS uygulaması (N₂PS₂ (3x)) sonucu kontrole göre %28 ile önemli oranda artarken, tek başına 3 ml/l PS uygulaması sonucu (N₀PS₁ (2x)) %16 azalmış olup bu fark istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. Pot. uygulamaları yeşillenme oranı

bakımından kontrol bitkileriyle aynı istatistiki grupta yer almıştır. Uygulama sayıları bakımından incelendiğinde ise herhangi bir önemli fark gözlenmemiştir.

Uygulamalar sonucu 2019 yılı nisan ayı yeşillenme oranlarına ait veriler ve analiz sonuçları Çizelge 4.7’de verilmiştir. 2018 yılına göre, 2019 yılında hava sıcaklıklarının daha yüksek seyretmesi sebebiyle bitkiler daha erken yeşillenmeye başlamıştır. 2019 yılı nisan ayında bitkilerin büyük çoğunluğu yeniden yeşillendiği için yeşillenme oranları açısından kontrol ve uygulama yapılan parseller arasında önemli farklar gözlenmemiştir.

2019 yılı mayıs ayı yeşillenme oranlarına ait değerler ve analiz sonuçları Çizelge 4.7’de verilmiştir. Çeşitli uygulamalar sonucu yeşillenme oranlarında artışlar olsa da, değerler istatistiki olarak farklılık göstermemiştir.



Şekil 4.14. Uygulamalar sonucu ilkbaharda yeşillenme oranlarında gözlemlenen varyasyon

Çizelge 4.7. İlkbaharda yeşillenme oranları

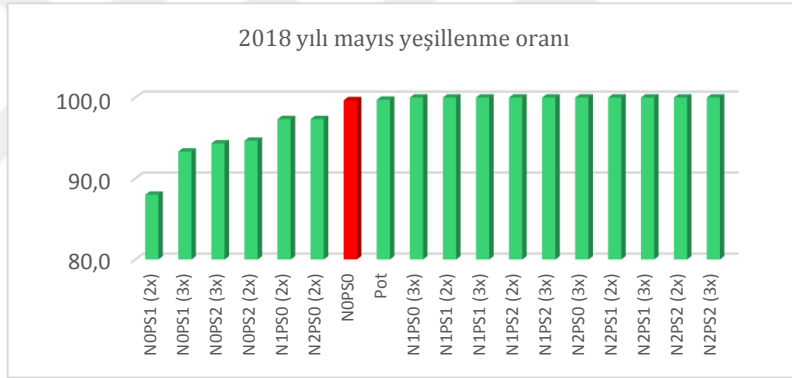
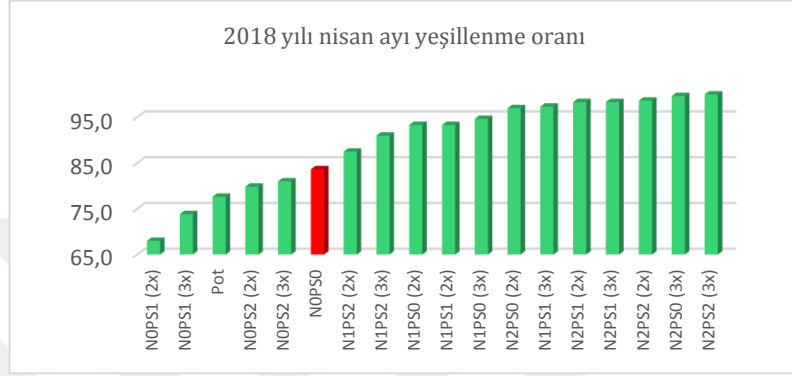
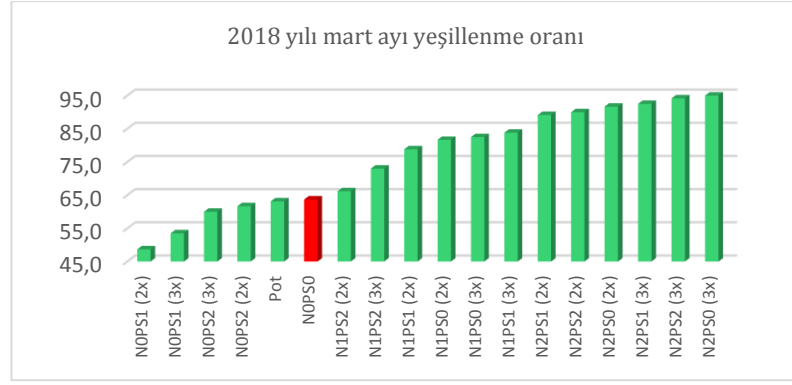
| Yıl | Uygulamalar | Mart yeşillenme oranı | Kontrolle göre fark (%) | Nisan yeşillenme oranı | Kontrolle göre fark (%) | Mayıs yeşillenme oranı | Kontrolle göre fark (%) |
|------------------|-------------------------------------|-----------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|
| 1. yıl (2018) | Pot. | 63 ^{abcd} | -1 | 78 ^{abc} | -7 | 100 | 0 |
| | N ₀ PS ₀ | 64 ^{abcd} | - | 84 ^{bcdef} | - | 100 | - |
| | N ₀ PS ₁ (2x) | 49 ^a | -24 | 68 ^a | -19 | 88 | -12 |
| | N ₀ PS ₁ (3x) | 54 ^{ab} | -16 | 74 ^{ab} | -12 | 93 | -6 |
| | N ₀ PS ₂ (2x) | 62 ^{abcd} | -3 | 80 ^{abcd} | -5 | 95 | -5 |
| | N ₀ PS ₂ (3x) | 60 ^{abc} | -6 | 81 ^{abcde} | -3 | 94 | -5 |
| | N ₁ PS ₀ (2x) | 82 ^{cdef} | 28 | 93 ^{defg} | 12 | 97 | -2 |
| | N ₁ PS ₀ (3x) | 83 ^{cdef} | 30 | 95 ^{efg} | 13 | 100 | 0 |
| | N ₁ PS ₁ (2x) | 79 ^{cdef} | 24 | 93 ^{defg} | 12 | 100 | 0 |
| | N ₁ PS ₁ (3x) | 84 ^{def} | 32 | 97 ^{fg} | 16 | 100 | 0 |
| | N ₁ PS ₂ (2x) | 66 ^{abcd} | 4 | 88 ^{bcdefg} | 5 | 100 | 0 |
| | N ₁ PS ₂ (3x) | 73 ^{bcde} | 15 | 91 ^{cdefg} | 9 | 100 | 0 |
| | N ₂ PS ₀ (2x) | 92 ^{ef} | 44 | 97 ^{fg} | 16 | 97 | -2 |
| | N ₂ PS ₀ (3x) | 98 ^f | 53 | 100 ^g | 19 | 100 | 0 |
| | N ₂ PS ₁ (2x) | 89 ^{ef} | 40 | 98 ^g | 18 | 100 | 0 |
| | N ₂ PS ₁ (3x) | 93 ^{ef} | 45 | 98 ^g | 18 | 100 | 0 |
| | N ₂ PS ₂ (2x) | 90 ^{ef} | 41 | 99 ^g | 18 | 100 | 0 |
| | N ₂ PS ₂ (3x) | 94 ^{ef} | 48 | 100 ^g | 20 | 100 | 0 |
| | ort. | 76 | | 90 | | 98 | |
| | SD | 17.9 | | 11.5 | | 5.8 | |
| min. | 35 | | 59 | | 70 | | |
| max. | 100 | | 100 | | 100 | | |
| 2. yıl (2019) | Pot. | 67 ^{abcdef} | 2 | 95 | 2 | 97 | 4 |
| | N ₀ PS ₀ | 66 ^{abcdef} | - | 93 | - | 93 | - |
| | N ₀ PS ₁ (2x) | 55 ^a | -16 | 90 | -3 | 92 | -2 |
| | N ₀ PS ₁ (3x) | 57 ^{ab} | -13 | 90 | -3 | 93 | 0 |
| | N ₀ PS ₂ (2x) | 60 ^{abcd} | -9 | 94 | 1 | 97 | 4 |
| | N ₀ PS ₂ (3x) | 60 ^{abc} | -9 | 93 | 0 | 98 | 5 |
| | N ₁ PS ₀ (2x) | 72 ^{abcdefg} | 10 | 97 | 5 | 98 | 5 |
| | N ₁ PS ₀ (3x) | 75 ^{cdefg} | 15 | 98 | 5 | 100 | 7 |
| | N ₁ PS ₁ (2x) | 71 ^{abcdefg} | 8 | 96 | 3 | 95 | 2 |
| | N ₁ PS ₁ (3x) | 74 ^{cdefg} | 13 | 97 | 4 | 95 | 2 |
| | N ₁ PS ₂ (2x) | 65 ^{abcde} | -1 | 95 | 3 | 95 | 2 |
| | N ₁ PS ₂ (3x) | 72 ^{bcdefg} | 10 | 98 | 5 | 98 | 5 |
| | N ₂ PS ₀ (2x) | 78 ^{efg} | 18 | 99 | 6 | 97 | 4 |
| | N ₂ PS ₀ (3x) | 82 ^{fg} | 25 | 99 | 7 | 98 | 5 |
| | N ₂ PS ₁ (2x) | 77 ^{defg} | 17 | 96 | 3 | 97 | 4 |
| | N ₂ PS ₁ (3x) | 81 ^{efg} | 24 | 98 | 6 | 98 | 5 |
| | N ₂ PS ₂ (2x) | 77 ^{efg} | 17 | 100 | 8 | 98 | 5 |
| | N ₂ PS ₂ (3x) | 84 ^g | 28 | 100 | 8 | 100 | 7 |
| | ort. | 71 | | 96 | | 97 | |
| | SD | 11.2 | | 5.7 | | 5.1 | |
| min. | 45 | | 83 | | 80 | | |
| max. | 88 | | 100 | | 100 | | |

* Harflendirmeler yıl ve ay düzeyinde ayrı ayrı hesaplanan Duncan_(0.05) değerlerine göre yapılmıştır.

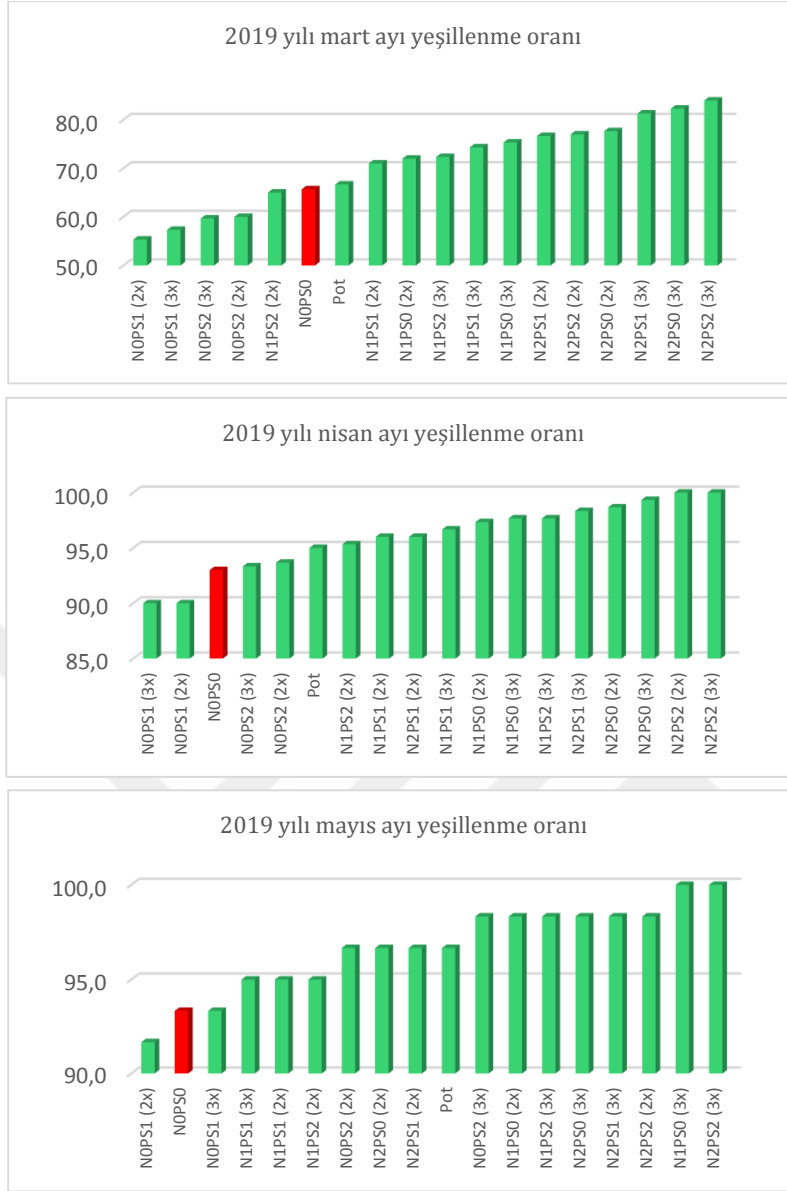
** Duncan testine göre arasında önemli farklılıklar bulunmayan değerlerde harflendirme yapılmamıştır.

*** Duncan testine göre % 5 önem düzeyinde farklı ortalamalar farklı harflerle gösterilmiştir.

**** Değerler en yakın tam sayılara yuvarlanmıştır.



Şekil 4.15. 2018 yılı ilkbaharda yeşillenme oranlarının grafik gösterimi



Şekil 4.16. 2019 yılı ilkbaharda yeşillenme oranlarının grafik gösterimi

4.8. Çiçeklenme Yoğunluğu

Yeşil alanlarda çim bitkilerinin çiçek vermesi (Şekil 4.17) hem görsel kaliteyi düşürmekte hem de daha estetik görüntüler elde etmek amacıyla biçim gerektirdiği için bakım giderlerini beraberinde getirmektedir. Uzun süre biçilmeyen çimlerin çiçek verme eğiliminde olduğu bilinmektedir. Yapılan bu çalışmanın bitkilerin çiçeklenme durumuna etkisini saptamak amacıyla çiçek yoğunlukları belirlenmiştir. Uygulama yapılan ve kontrol bitkilerin 2018 yılı çiçek yoğunluğuna ilişkin bulgular ve analiz sonuçları Çizelge 4.8 ve Şekil

4.18'de verilmiştir. Uygulamalar arasında çiçeklenme yoğunluğu bakımından farklar olsa da bu farklılıklar istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. Örneğin, 3 kere 5 g/m² N ile birlikte 3 ml/l PS uygulaması (N₂PS₁ (3x)) çiçeklenme yoğunluğunu kontrole göre %25 artırırken, 3 kere tek başına 3 ml/l PS uygulaması (N₀PS₂ (3x)) %29 azaltmıştır.

2019 yılı çiçeklenme yoğunluğuna ait bulgular ve analiz sonuçları Çizelge 4.8'de sunulmuştur. Bazı uygulamalarda (N₂PS₀ (2x)) çiçeklenme yoğunluğu %50 artış gösterse de elde edilen farklılıklar istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur.



Şekil 4.17. Japon çimi çiçekleri

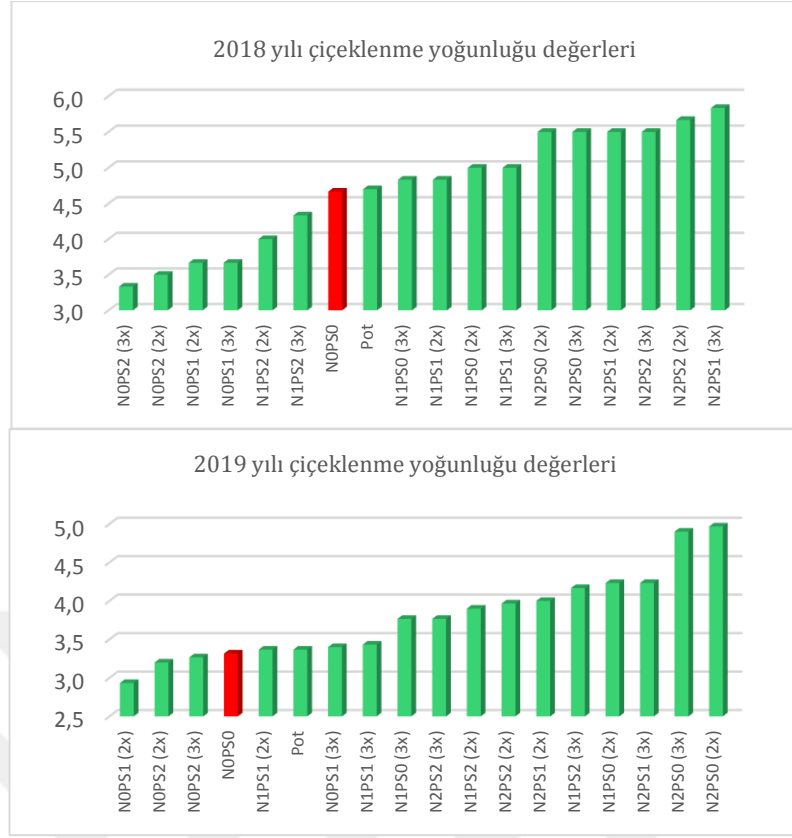
Çizelge 4.8. Çiçeklenme yoğunluğu değerleri

| Yıl | Uygulamalar | Çiçeklenme Yoğunluğu | Kontrole göre fark (%) |
|------------------|-------------------------------------|----------------------|------------------------|
| 1. yıl (2018) | Pot. | 4.7 | 1 |
| | N ₀ PS ₀ | 4.7 | - |
| | N ₀ PS ₁ (2x) | 3.7 | -21 |
| | N ₀ PS ₁ (3x) | 3.7 | -21 |
| | N ₀ PS ₂ (2x) | 3.5 | -25 |
| | N ₀ PS ₂ (3x) | 3.3 | -29 |
| | N ₁ PS ₀ (2x) | 5.0 | 7 |
| | N ₁ PS ₀ (3x) | 4.8 | 4 |
| | N ₁ PS ₁ (2x) | 4.8 | 4 |
| | N ₁ PS ₁ (3x) | 5.0 | 7 |
| | N ₁ PS ₂ (2x) | 4.0 | -14 |
| | N ₁ PS ₂ (3x) | 4.3 | -7 |
| | N ₂ PS ₀ (2x) | 5.5 | 18 |
| | N ₂ PS ₀ (3x) | 5.5 | 18 |
| | N ₂ PS ₁ (2x) | 5.5 | 18 |
| | N ₂ PS ₁ (3x) | 5.8 | 25 |
| | N ₂ PS ₂ (2x) | 5.7 | 21 |
| | N ₂ PS ₂ (3x) | 5.5 | 18 |
| | ort. | 4.7 | |
| | SD | 1.26 | |
| | min. | 3.0 | |
| max. | 7.5 | | |
| 2. yıl (2019) | Pot. | 3.4 | 2 |
| | N ₀ PS ₀ | 3.3 | - |
| | N ₀ PS ₁ (2x) | 2.9 | -12 |
| | N ₀ PS ₁ (3x) | 3.4 | 3 |
| | N ₀ PS ₂ (2x) | 3.2 | -4 |
| | N ₀ PS ₂ (3x) | 3.3 | -2 |
| | N ₁ PS ₀ (2x) | 4.2 | 28 |
| | N ₁ PS ₀ (3x) | 3.8 | 14 |
| | N ₁ PS ₁ (2x) | 3.4 | 2 |
| | N ₁ PS ₁ (3x) | 3.4 | 4 |
| | N ₁ PS ₂ (2x) | 3.9 | 18 |
| | N ₁ PS ₂ (3x) | 4.2 | 26 |
| | N ₂ PS ₀ (2x) | 5.0 | 50 |
| | N ₂ PS ₀ (3x) | 4.9 | 48 |
| | N ₂ PS ₁ (2x) | 4.0 | 21 |
| | N ₂ PS ₁ (3x) | 4.2 | 28 |
| | N ₂ PS ₂ (2x) | 4.0 | 20 |
| | N ₂ PS ₂ (3x) | 3.8 | 14 |
| | ort. | 3.8 | |
| | SD | 1.07 | |
| | min. | 2.5 | |
| max. | 8.0 | | |

* Harflendirmeler yıl düzeyinde ayrı ayrı hesaplanan Duncan_(0.05) değerlerine göre yapılmıştır.

** Duncan testine göre arasında önemli farklılıklar bulunmayan değerlerde harflendirme yapılmamıştır.

*** Değerler virgülden sonra en yakın 1 ondalık basamaklı sayıya yuvarlanmıştır.



Şekil 4.18. Çiçeklenme yoğunluğu değerlerinin grafik gösterimi

4.9. Yaprak Besin Elementi İçerikleri

İlk uygulamalar yapıldıktan 8 hafta sonra bitkilerin besin elementi içeriklerini tespit etmek amacıyla yapılan yaprak analizi sonucunda bitkilerin N, P, K ve Si içerikleri ve analiz sonuçları Çizelge 4.9 ve Şekil 4.19'da sunulmuştur. Uygulamalar sonucu çeşitli istatistiki farklılıklar gözlenmiştir.

2018 yılı N içeriklerinin genel olarak arttığı görülmektedir. Bu artışların silikon uygulamasının nitrat redüktaz aktivitesini artırarak N alımını teşvik etmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Verilere bakıldığında; kontrol ile 2.5 gr/m² N uygulanan (N₁PS₀, N₁PS₁ ve N₁PS₂) parseller aynı istatistiki grupta yer almıştır. N oranının 5 gr/m²'ye çıkarılması (N₂PS₀, N₂PS₁ ve N₂PS₂) yaprak N içeriklerini kontrole göre %37'ye kadar artırarak istatistiki bir fark oluşturmuştur. Pot. uygulaması N içeriğini %8 azaltmıştır. Fakat bu fark istatistiki olarak önemli olmamıştır. Japon çiminde Bryson vd. (2014) tarafından belirtilen besin elementi referans aralıkları %2.04-2.36'dır. Değerlere bakıldığında tek başına

veya PS ile birlikte 5 g/m² N uygulaması yapılan bitkilerin yeterli N içeriğine sahip olduğu görülmektedir. Diğer uygulamalar sonucu N içerikleri belirtilen aralığın altında kalmıştır.

2018 yılı P içeriğine gelindiğinde; kontrol bitkileri diğer tüm uygulamalardan farklı istatistiki grupta yer almıştır. Birlikte veya tek başına N ve PS uygulamalarının bitkilerin P alımını önemli ölçüde azalttığı gözlenmiştir. N₁PS₁ uygulaması 2018 yılı P içeriğini %48'e kadar düşürmüştür. 6 ml/l PS uygulamaları (N₀PS₂, N₁PS₂ ve N₂PS₂) 2018 yılı P içeriğini 3 ml/l PS uygulamalarına (N₀PS₁, N₁PS₁ ve N₂PS₁) göre daha az azaltmıştır. Fakat bu fark istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. Japon çimi için belirtilen yaprak P içeriği aralık değerleri %0.19-0.22'dir (Bryson vd., 2014). Veriler değerlendirildiğinde bütün uygulamalar sonucu P içeriklerinin optimum değerlerin üzerinde olduğu görülmektedir.

2018 yılı yaprak K içeriği verileri incelendiğinde, istatistiki olarak önemli farklılıklar bulunmuştur. Örneğin; tek başına 5 gr/m² N uygulaması (N₂PS₀) yaprak K içeriğini %99 oranında artırmıştır. Potasyum silikat uygulamasından gelebilecek olan potasyumu dikkate almak için Pot. parsellerine potasyum sülfat uygulaması yapılmıştır. Tek başına potasyum sülfat uygulaması yapılan (Pot.) parselleri K içeriğini %16 artırsa da bu fark önemsiz bulunmuştur. PS uygulamaları ile K içeriği arasında tutarlı bir ilişki gözlenememiştir. 5 gr/m² N ile birlikte 6 ml/l PS uygulaması (N₂PS₂) hariç bütün uygulamalarda K içeriği artış göstermiştir.

Bitkilerin 2018 yılı silikon içeriğine gelindiğinde; bütün uygulamalar silikon içeriğini kontrol bitkisine göre istatistiki olarak önemli düzeyde düşürmüştür. Kontrol uygulamasında 16300 ppm olan silikon içeriği 5 gr/m² N ve 3 ml/l PS uygulaması (N₂PS₁) ile %56 azalarak 7187 ppm'e düşmüştür. Düşük oranda N ile birlikte yüksek oranda PS uygulaması yapılan parsellerde (N₁PS₂) silikon içeriği hiçbir uygulama yapılmayan kontrol parsellerine göre dramatik bir şekilde daha az olmuştur. Aynı şekilde kontrol uygulamasında 16300 ppm olan

silikon içeriği tek başına 3 ml/l PS uygulaması (N₀PS₁) ile 7740 ppm'e düşerek %53 azalış göstermiştir.

2019 yılı N içerik verilerine bakıldığında; istatistiki olarak önemli farklılıklar gözlenmiştir. Örneğin; N içeriği tek başına 5 gr/m² N uygulaması ile kontrole göre %31 artırılmıştır. Pot. uygulaması ise N içeriğini kontrole göre %64 oranında önemli bir biçimde düşürmüştü. Yani, bitkilere tek başına potasyum sülfat uygulaması N alımını azaltmıştır. Yine, tek başına düşük ve yüksek oranlarda PS uygulaması N içeriğini sırasıyla %9 ve %11 düşürmüştür. Fakat bu fark istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur.

2019 yılı P içerikleri analiz edildiğinde; bitkilerin P içerikleri bakımından önemli varyasyonlar gözlenmiştir. Örneğin; tek başına 6 ml/l PS uygulaması (N₀PS₂) P içeriğini kontrole göre istatistiki olarak önemli düzeyde (%97) artırmıştır. Tersine, 5 gr/m² N ile 3 ml/l PS uygulaması (N₂PS₁) P içeriğini kontrole göre önemli düzeyde (%40) azaltmıştır. Analiz sonuçlarına bakıldığında; genel olarak N oranının artışıyla P içeriğinin azaldığı görülmektedir. 2019 yılı verileri değerlendirildiğinde de bütün uygulamalar sonucu P içeriklerinin Bryson vd. (2014)'nin bildirdiği optimum değerlerin üzerinde olduğu görülmektedir.

2019 yılı K içeriklerine gelindiğinde; Pot. uygulamasının bitkilerin K alımını %9 azalttığı, fakat bu farkın istatistiki olarak önemli olmadığı görülmektedir. Tek başına yüksek oranda PS uygulaması da K içeriğini %17 azaltsa da, bu fark önemsiz bulunmuştur. Fakat tek başına 5 gr/m² N uygulaması K içeriğini önemli ölçüde (%23) artırmıştır. Bryson vd. (2014) Japon çimi optimum K içeriklerinin %1.05-1.27 olduğunu belirtmiştir. Bu durumda 2019 yılında Pot. ve tek başına PS uygulamaları hariç diğer bütün uygulamalar sonucu K içerik değerleri optimum sınırlar içinde olmuştur. İlginç bir şekilde tek başına Pot. uygulaması K içeriğini düşürmüştür.

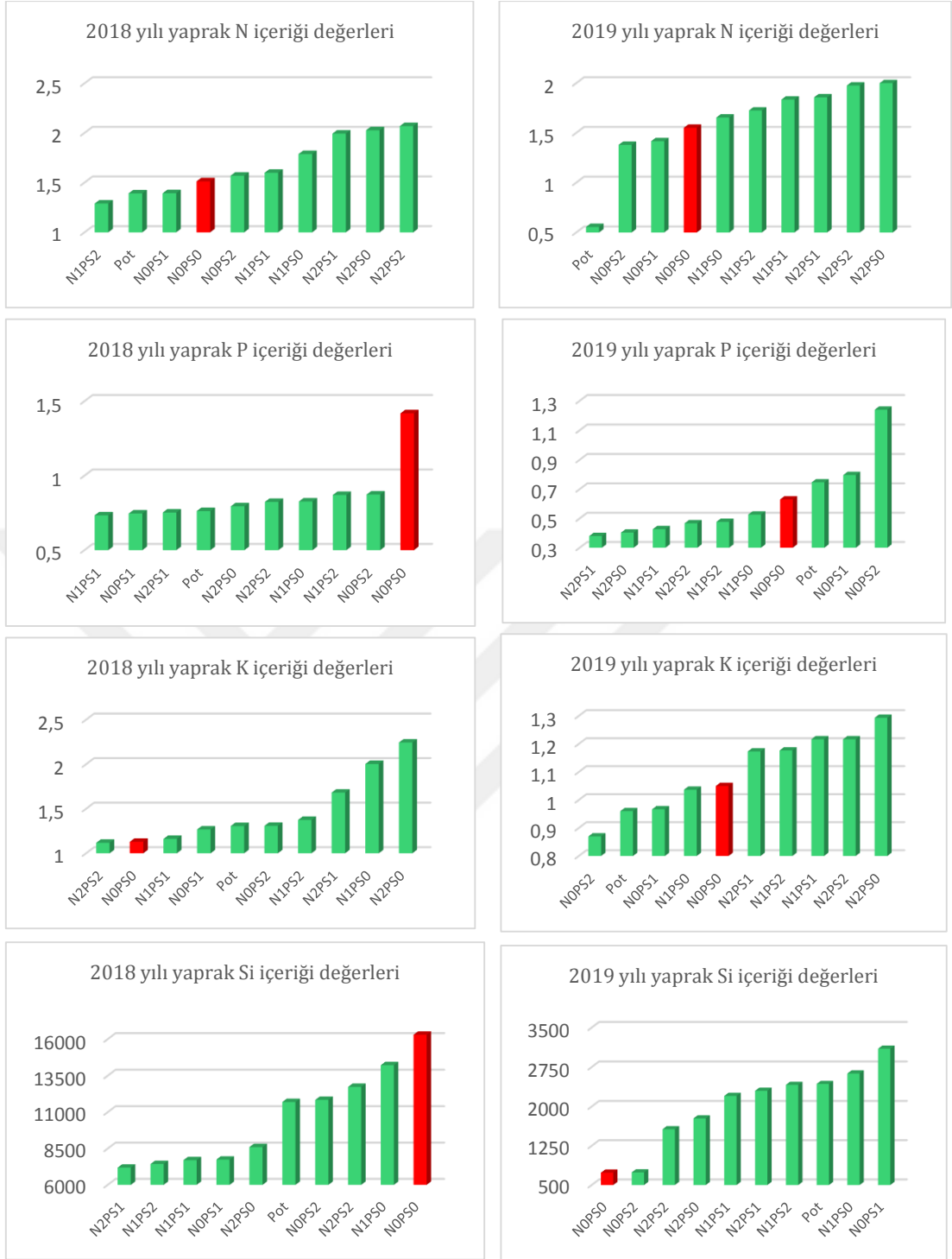
2019 yılı silikon içeriği verileri incelendiğinde; silikon içeriklerinin bütün uygulamalarda arttığı gözlenmiştir. Örneğin; tek başına düşük oranda PS uygulaması silikon içeriğini kontrole göre %321 oranında dramatik bir şekilde artırmıştır. Fakat tek başına yüksek oranda PS uygulaması ise silikon içeriğini kontrole göre yalnızca %1 (önemsiz) artırmıştır. Hiç PS uygulanmayan parsellerde (N₁PS₀ ve N₂PS₀) bile silikon içeriği bakımından artışlar gözlenmiştir. Yine, Pot. parsellerinde de silikon içeriği kontrole göre %230 artış göstermiştir.

Çizelge 4.9. Bitki yapraklarındaki N, P, K ve Si içeriği değerleri

| Yıl | Uyg. | N içeriği (%) | Kontrole göre fark (%) | P içeriği (%) | Kontrole göre fark (%) | K içeriği (%) | Kontrole göre fark (%) | Si içeriği (ppm) | Kontrole göre fark (%) |
|---------------|--------------------------------|---------------------|------------------------|---------------------|------------------------|---------------------|------------------------|---------------------|------------------------|
| 1. yıl (2018) | Pot. | 1.39 ^a | -8 | 0.76 ^a | -46 | 1.31 ^{ab} | 16 | 11700 ^{bc} | -28 |
| | N ₀ PS ₀ | 1.51 ^{ab} | - | 1.42 ^b | - | 1.13 ^a | - | 16300 ^d | - |
| | N ₀ PS ₁ | 1.39 ^a | -8 | 0.75 ^a | -47 | 1.27 ^{ab} | 12 | 7740 ^a | -53 |
| | N ₀ PS ₂ | 1.57 ^{ab} | 4 | 0.87 ^a | -38 | 1.31 ^{ab} | 16 | 11847 ^{bc} | -27 |
| | N ₁ PS ₀ | 1.79 ^{bc} | 18 | 0.83 ^a | -42 | 2.00 ^{cd} | 77 | 14220 ^{cd} | -13 |
| | N ₁ PS ₁ | 1.60 ^{ab} | 6 | 0.73 ^a | -48 | 1.16 ^a | 3 | 7700 ^a | -53 |
| | N ₁ PS ₂ | 1.29 ^a | -15 | 0.87 ^a | -39 | 1.37 ^{ab} | 22 | 7437 ^a | -54 |
| | N ₂ PS ₀ | 2.03 ^c | 34 | 0.79 ^a | -44 | 2.24 ^d | 99 | 8600 ^{ab} | -47 |
| | N ₂ PS ₁ | 1.99 ^c | 32 | 0.75 ^a | -47 | 1.68 ^{bc} | 49 | 7187 ^a | -56 |
| | N ₂ PS ₂ | 2.07 ^c | 37 | 0.82 ^a | -42 | 1.12 ^a | -1 | 12737 ^c | -22 |
| | ort. | 1.66 | | 0.86 | | 1.45 | | 10546 | |
| | SD | 0.32 | | 0.22 | | 0.42 | | 3536 | |
| | min. | 1.13 | | 0.56 | | 1.03 | | 5890 | |
| | max. | 2.17 | | 1.55 | | 2.83 | | 19870 | |
| 2. yıl (2019) | Pot. | 0.56 ^a | -64 | 0.75 ^{cd} | 19 | 0.96 ^{ab} | -9 | 2429 ^{cde} | 230 |
| | N ₀ PS ₀ | 1.55 ^{bc} | - | 0.63 ^{bcd} | - | 1.05 ^{abc} | - | 737 ^a | - |
| | N ₀ PS ₁ | 1.42 ^{bc} | -9 | 0.80 ^d | 26 | 0.97 ^{ab} | -8 | 3099 ^e | 321 |
| | N ₀ PS ₂ | 1.38 ^{bc} | -11 | 1.24 ^e | 97 | 0.87 ^a | -17 | 742 ^a | 1 |
| | N ₁ PS ₀ | 1.65 ^{bcd} | 7 | 0.53 ^{abc} | -16 | 1.04 ^{abc} | -1 | 2628 ^{de} | 257 |
| | N ₁ PS ₁ | 1.84 ^{cd} | 18 | 0.43 ^{ab} | -32 | 1.22 ^{cd} | 16 | 2203 ^{bcd} | 199 |
| | N ₁ PS ₂ | 1.72 ^{bcd} | 11 | 0.48 ^{ab} | -24 | 1.18 ^{bcd} | 12 | 2412 ^{cde} | 227 |
| | N ₂ PS ₀ | 2.03 ^d | 31 | 0.40 ^{ab} | -36 | 1.29 ^d | 23 | 1772 ^{bc} | 140 |
| | N ₂ PS ₁ | 1.86 ^{cd} | 20 | 0.38 ^a | -40 | 1.17 ^{bcd} | 12 | 2300 ^{cd} | 212 |
| | N ₂ PS ₂ | 1.98 ^d | 27 | 0.47 ^{ab} | -26 | 1.22 ^{cd} | 16 | 1567 ^b | 113 |
| | ort. | 1.60 | | 0.61 | | 1.10 | | 1989 | |
| | SD | 0.44 | | 0.27 | | 0.17 | | 819 | |
| | min. | 0.55 | | 0.31 | | 0.73 | | 667 | |
| | max. | 2.23 | | 1.52 | | 1.39 | | 3701 | |

* Harflendirmeler yıl ve besin elementi düzeyinde ayrı ayrı hesaplanan Duncan_(0,05) değerlerine göre yapılmıştır.

** Duncan testine göre % 5 önem düzeyinde farklı ortalamalar farklı harflerle gösterilmiştir.



Şekil 4.19. Bitki yapraklarındaki N, P, K ve Si içeriği değerlerinin grafik gösterimi

Bitkilerin besin elementi içeriklerini tespit etmek amacıyla yapılan yaprak analizi sonucunda bitkilerin Ca, Mg ve Fe içerikleri ve analiz sonuçları Çizelge 4.10 ve Şekil 4.20’de sunulmuştur. Uygulamalar sonucu çeşitli istatistiksel farklılıklar gözlenmiştir. 2018 yılı Ca verileri değerlendirildiğinde; uygulamalar arasında istatistiksel olarak önemli farklılıklar bulunmamıştır. Fakat tek başına 5

gr/m² N uygulamasıyla (N₁PS₀) Ca içeriği kontrole göre %30 oranında artmıştır. Yüksek oranda N ile birlikte her iki oranda PS uygulaması Ca içeriğini %8'e kadar azaltmıştır.

2018 yılı Mg içeriklerine gelindiğinde; uygulamalar arası istatistiki olarak önemli farklılıklar gözlenmiştir. Tek başına 5 gr/m² N uygulaması (N₂PS₀) ile Mg içeriği kontrole göre %38 oranında artış göstermiştir. Mg içeriği Pot. uygulaması sonucunda %8 oranında azalsa da bu fark önemsiz bulunmuştur. Genel bir eğilim olarak, N oranı arttıkça Mg içeriği artış göstermiştir. Bryson vd. (2014) tarafından belirtilen Japon çimi optimum Mg değerleri %0.13-0.15 aralığındadır. Bu değerlere göre kıyaslandığında; 2018 yılı Mg içerikleri bütün uygulamalar sonucunda yetersiz bulunmuştur.

2018 yılı Fe içeriklerine ait veriler değerlendirildiğinde; istatistiki olarak önemli farklılıklar gözlenmemiştir. Fakat bütün uygulamalar sonucu Fe içerikleri kontrole göre düşüş sağlamıştır. Örneğin; tek başına 6 ml/l PS uygulaması (N₀PS₂) ile %63 azalış göstermiştir. Pot. uygulamaları da Fe içeriğini kontrol uygulamalarına göre %52 oranında azaltmıştır. Japon çimi Fe içeriği referans değerlerinin 188-318 ppm olduğu belirtilmiştir (Bryson vd., 2014). 2018 yılı Fe içerikleri bütün uygulamalarda optimum değerlerin üzerinde olmuştur.

2019 yılı Ca içeriği analiz sonuçlarına göre; elde edilen farklılıkların istatistiki olarak önemsiz olduğu gözlenmiştir. Fakat bütün uygulamalar Ca içeriğini kontrole göre azaltmıştır. Örneğin; 5 gr/m² N ve 6 ml/l PS uygulaması (N₂PS₂) kontrol gruplarına göre Ca içeriğini %55 oranında azaltmıştır. Japon çimi optimum Ca içerik değerlerinin %0.44-0.56 olduğu belirtilmiştir (Bryson vd., 2014). Yaprak Ca içerik analizleri sonucunda yalnızca N₂PS₂ uygulaması yapılan parsellerinde Ca seviyelerinin optimum değerlerin altında olduğu görülmüştür.

2019 yılı Mg içeriklerine gelindiğinde; istatistiki olarak önemli farklılıklar gözlenmiştir. 2.5 gr/m² N ve 3 ml/l PS uygulaması (N₁PS₁) ve tek başına 6 ml/l PS uygulaması (N₀PS₂) sonucu Mg içerikleri kontrol grubuna göre sırasıyla %35 ve %41 oranında azalmıştır. Tersine, tek başına 5 gr/m² N uygulaması (N₂PS₀)

sonucu Mg içeriği %53 oranında artış göstermiştir. Pot. uygulamaları da Mg içeriğini kontrol uygulamasına göre %41 artırmıştır. Her iki oranda da tek başına PS uygulaması Mg içeriğini kontrole göre azaltmıştır. Her iki oranda da tek başına N uygulaması Mg içeriğini kontrole göre artırmıştır.

2019 yılı Fe içeriği analiz sonuçları incelendiğinde; istatistiki olarak önemli farklılıklar gözlenmemiştir. Bazı uygulamalarla (N₁PS₁) Fe içeriği kontrole göre %25 azalırken, bazı uygulamalar sonucu (N₀PS₁) %12 artış göstermiştir. Aynı şekilde, Pot. uygulaması Fe içeriğini kontrole göre %16 oranında artırmıştır. 2019 yılı Fe değerleri 2018 yılına göre biraz daha düşük olmuştur. Bazı uygulamalar sonucu Fe içeriği Bryson vd. (2014)'nin belirttiği referans değerlerinin altında kalmıştır.

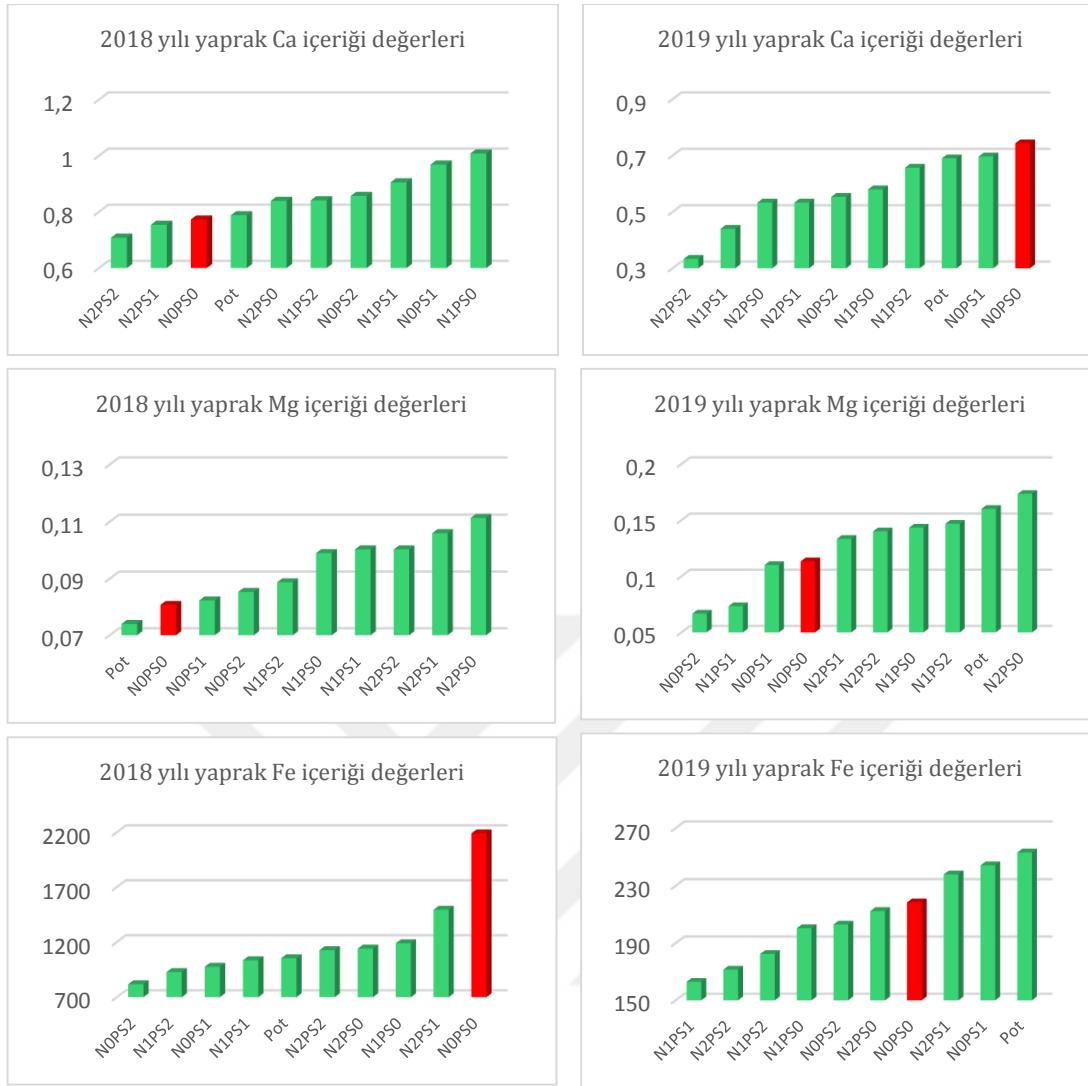
Çizelge 4.10. Bitki yapraklarındaki Ca, Mg ve Fe içeriği değerleri

| Yıl | Uyg. | Ca içeriği (%) | Kontrole göre fark (%) | Mg içeriği (%) | Kontrole göre fark (%) | Fe içeriği (ppm) | Kontrole göre fark (%) |
|------------------|--------------------------------|----------------|------------------------|--------------------|------------------------|------------------|------------------------|
| 1. yıl (2018) | Pot. | 0.79 | 2 | 0.07 ^{ab} | -8 | 1054 | -52 |
| | N ₀ PS ₀ | 0.77 | - | 0.08 ^{ab} | - | 2190 | - |
| | N ₀ PS ₁ | 0.97 | 25 | 0.08 ^{ab} | 2 | 976 | -55 |
| | N ₀ PS ₂ | 0.86 | 11 | 0.09 ^{ab} | 6 | 818 | -63 |
| | N ₁ PS ₀ | 1.01 | 30 | 0.10 ^{cd} | 23 | 1189 | -46 |
| | N ₁ PS ₁ | 0.91 | 17 | 0.10 ^{de} | 24 | 1035 | -53 |
| | N ₁ PS ₂ | 0.84 | 9 | 0.09 ^{bc} | 10 | 928 | -58 |
| | N ₂ PS ₀ | 0.84 | 9 | 0.11 ^e | 38 | 1141 | -48 |
| | N ₂ PS ₁ | 0.75 | -2 | 0.11 ^{de} | 31 | 1494 | -32 |
| | N ₂ PS ₂ | 0.71 | -8 | 0.10 ^{de} | 24 | 1127 | -49 |
| | ort. | 0.84 | | 0.09 | | 1195 | |
| | SD | 0.12 | | 0.01 | | 482 | |
| | min. | 0.63 | | 0.07 | | 649 | |
| max. | 1.13 | | 0.12 | | 3145 | | |
| 2. yıl (2019) | Pot. | 0.69 | -7 | 0.16 ^d | 41 | 253 | 16 |
| | N ₀ PS ₀ | 0.74 | - | 0.11 ^{bc} | - | 219 | - |
| | N ₀ PS ₁ | 0.70 | -6 | 0.11 ^{bc} | -3 | 244 | 12 |
| | N ₀ PS ₂ | 0.55 | -26 | 0.07 ^a | -41 | 203 | -7 |
| | N ₁ PS ₀ | 0.58 | -22 | 0.14 ^{cd} | 26 | 201 | -8 |
| | N ₁ PS ₁ | 0.44 | -41 | 0.07 ^{ab} | -35 | 163 | -25 |
| | N ₁ PS ₂ | 0.66 | -12 | 0.15 ^{cd} | 29 | 182 | -17 |
| | N ₂ PS ₀ | 0.53 | -28 | 0.17 ^d | 53 | 213 | -3 |
| | N ₂ PS ₁ | 0.53 | -28 | 0.13 ^{cd} | 18 | 238 | 9 |
| | N ₂ PS ₂ | 0.33 | -55 | 0.14 ^{cd} | 24 | 172 | -22 |
| | ort. | 0.58 | | 0.13 | | 209 | |
| | SD | 0.16 | | 0.040 | | 45 | |
| | min. | 0.19 | | 0.05 | | 117 | |
| max. | 0.82 | | 0.19 | | 303 | | |

* Harflendirmeler yıl ve besin elementi düzeyinde ayrı ayrı hesaplanan Duncan_(0.05) değerlerine göre yapılmıştır.

** Duncan testine göre arasında önemli farklılıklar bulunmayan değerlerde harflendirme yapılmamıştır.

*** Duncan testine göre % 5 önem düzeyinde farklı ortalamalar farklı harflerle gösterilmiştir.



Şekil 4.20. Bitki yapraklarındaki Ca, Mg ve Fe içeriği değerlerinin grafik gösterimi

Bitkilerin besin elementi içeriklerini tespit etmek amacıyla yapılan yaprak analizi sonucunda bitkilerin Cu, Zn ve Mn içerikleri ve analiz sonuçları Çizelge 4.11 ve Şekil 4.21’de sunulmuştur. 2018 yılı Cu içerikleri bakımından uygulamalar arasında istatistiki olarak önemli farklılıklar gözlenmemiştir. Fakat bazı uygulamalarda (N₂PS₁) Cu içeriği kontrole göre %32 oranında artarken, bazı uygulamalarda (N₁PS₂) %48 azalmıştır. Pot. uygulamaları da Cu içeriğini kontrole göre %23 oranında azaltmıştır. Cu içeriğindeki artışlar yalnızca tek başına yüksek oranda N uygulaması sonu gerçekleşmiştir. Düşük orandaki N uygulamaları ise Cu içeriğini düşürmüştür. Bütün uygulamalar sonucu Cu içeriği Bryson vd. (2014)’nin belirttiği 2-4 ppm referans değerlerinin üzerinde olmuştur.

2018 yılı Zn içeriği verilerine gelindiğinde; uygulamaların istatistiki olarak farklılık yaratmadığı ortaya çıkmıştır. Bütün uygulamalar kontrole göre Zn içeriği bakımından daha yüksek değerlere sahip olmuştur. Örneğin; Zn içeriği tek başına 5 gr/m² uygulamasıyla (N₂PS₀) kontrol uygulamasına göre %41'e kadar artış göstermiştir. Pot. uygulaması da Zn içeriğini kontrole göre artırmıştır. Bryson vd. (2014) Japon çimi optimum Zn değerlerinin 36-55 ppm olduğunu belirtmiştir. 2018 yılında N₂PS₀ ve N₂PS₂ uygulaması hariç bütün uygulamalar sonucu Zn içeriği yetersiz kalmıştır.

2018 yılı Mn içeriği değerleri analiz edildiğinde; istatistiki olarak önemli farklılıklar gözlenmemiştir. Fakat bütün uygulamalarda Mn içeriği kontrole göre artış göstermiştir. En az artış 5 gr/m² N ve 6 ml/l PS uygulaması (N₂PS₂) uygulaması sonucu %1, en fazla artış tek başına 3 ml/l PS uygulaması (N₀PS₁) sonucu %46 olmuştur. Pot. uygulaması da Mn içeriğini kontrole göre %38 oranında artış göstermiştir. Bryson vd. (2014) Japon çiminde bulunması gereken optimum Mn değerlerini 25-34 ppm olarak belirlemiştir. Buna göre bütün uygulamalar sonucu Mn içerikleri yüksek olmuştur.

2019 yılı Cu içeriği sonuçlarına göre; uygulamalar arası istatistiki olarak önemli farklılıklar gözlenmiştir. Örneğin; 2.5 gr/m² N ve 6 ml/l PS uygulaması (N₁PS₂) uygulamasıyla Cu içeriği %66 oranında artış gösterirken, tek başına 3 ml/l PS uygulaması (N₀PS₁) ile %63 oranında azalış göstermiştir. Yine tek başına başına 6 ml/l PS uygulaması (N₀PS₂) Cu içeriğini %52 azaltmıştır. Pot. uygulaması ise Cu içeriğini kontrole göre %58 artırmıştır. Tek başına yüksek oranda N uygulaması (N₂PS₀) ve yüksek oranda N ile düşük oranda PS uygulaması (N₂PS₁) Cu içeriğini kontrole göre sırasıyla %47 ve %12 artırırken, yüksek oranda N ile birlikte yüksek oranda PS uygulaması (N₂PS₂) Cu içeriğini %26 azaltmıştır. Cu içerikleri yalnızca tek başına PS uygulaması yapılan parsellerde Bryson vd. (2014)'nin belirttiği referans aralıkları içerisinde yer almıştır. Diğer bütün uygulamalar sonucu yaprak Cu içerikleri referans aralıklarının üzerinde olmuştur.

2019 yılı Zn içerikleri analiz edildiğinde; istatistiki olarak önemli farklılıklar oluşmadığı gözlenmiştir. Bazı uygulamalarda (N₂PS₁) Zn içeriği %35 artış

gösterirken, bazı uygulamalar (N₀PS₁) sonucu %14 azalış göstermiştir. Pot. uygulaması ise Zn içeriğini kontrole göre %51 artırmıştır. Tüm uygulamalar sonucu 2019 yılı Zn içerikleri Bryson vd. (2014)'nin belirttiği referans değerlerinin altında kalmıştır.

2019 yılı Mn içeriklerine gelindiğinde; uygulamalar arası istatistiki farklılıklar gözlenmiştir. Bütün uygulamalar sonucun Mn içerikleri azalış göstermiştir. En fazla azalış %66 ile 5 gr/m² N ve 6 ml/l PS uygulamasında (N₂PS₂), en az azalış ise %28 ile tek başına 3 ml/l PS uygulamasında (N₀PS₁) gözlenmiştir. Yine, Pot. uygulaması da Mn içeriğini kontrole göre %8 düşürmüş olup bu fark istatistiki olarak önemli bulunmuştur. 2019 yılı Mn içerikleri Bryson vd. (2014) tarafından belirtilen optimum değerlerin üzerine olmuştur.

Çizelge 4.11. Bitki yapraklarındaki Cu, Zn ve Mn içeriği değerleri

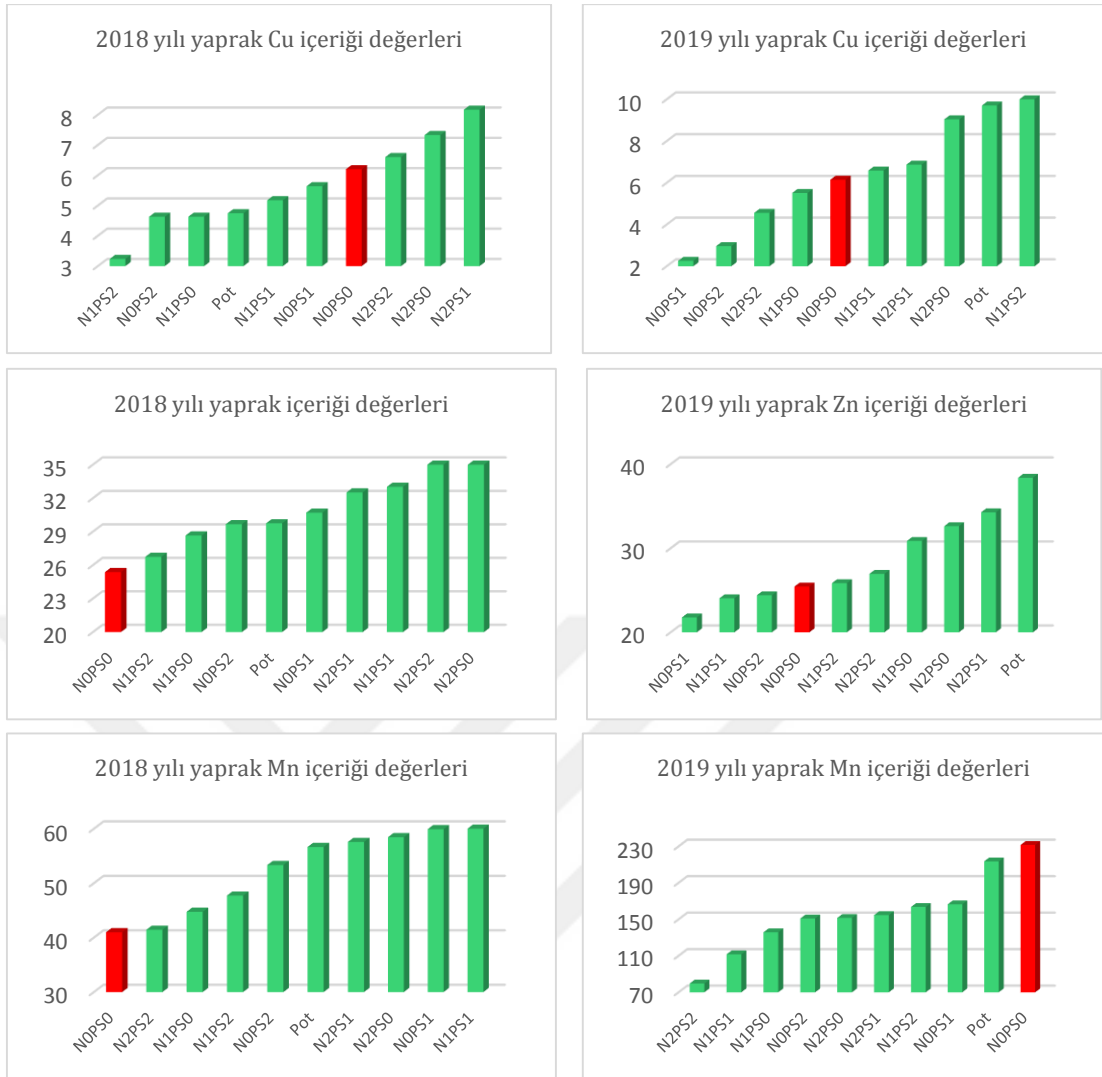
| Yıl | Uyg. | Cu içeriği (ppm) | Kontrole göre fark (%) | Zn içeriği (ppm) | Kontrole göre fark (%) | Mn içeriği (ppm) | Kontrole göre fark (%) |
|---------------|--------------------------------|---------------------|------------------------|------------------|------------------------|----------------------|------------------------|
| 1. yıl (2018) | Pot. | 4.75 | -23 | 29.75 | 17 | 56.64 | 38 |
| | N ₀ PS ₀ | 6.20 | - | 25.38 | - | 40.98 | - |
| | N ₀ PS ₁ | 5.64 | -9 | 30.70 | 21 | 59.91 | 46 |
| | N ₀ PS ₂ | 4.63 | -25 | 29.66 | 17 | 53.33 | 30 |
| | N ₁ PS ₀ | 4.63 | -25 | 28.65 | 13 | 44.74 | 9 |
| | N ₁ PS ₁ | 5.18 | -16 | 33.02 | 30 | 60.09 | 47 |
| | N ₁ PS ₂ | 3.24 | -48 | 26.74 | 5 | 47.71 | 16 |
| | N ₂ PS ₀ | 7.33 | 18 | 35.86 | 41 | 58.44 | 43 |
| | N ₂ PS ₁ | 8.16 | 32 | 32.51 | 28 | 57.56 | 40 |
| | N ₂ PS ₂ | 6.60 | 6 | 35.50 | 40 | 41.44 | 1 |
| | ort. | 5.64 | | 30.78 | | 52.09 | |
| | SD | 2.02 | | 5.44 | | 13.88 | |
| | min. | 2.89 | | 21.67 | | 26.94 | |
| | max. | 10.07 | | 45.95 | | 79.52 | |
| 2. yıl (2019) | Pot. | 9.70 ^e | 58 | 38.38 | 51 | 213.50 ^{cd} | -8 |
| | N ₀ PS ₀ | 6.15 ^c | - | 25.44 | - | 231.61 ^e | - |
| | N ₀ PS ₁ | 2.26 ^a | -63 | 21.77 | -14 | 166.48 ^{bc} | -28 |
| | N ₀ PS ₂ | 2.96 ^{ab} | -52 | 24.41 | -4 | 150.91 ^{bc} | -35 |
| | N ₁ PS ₀ | 5.51 ^{bc} | -10 | 30.87 | 21 | 135.81 ^{ab} | -41 |
| | N ₁ PS ₁ | 6.59 ^{cd} | 7 | 24.05 | -5 | 111.62 ^{ab} | -52 |
| | N ₁ PS ₂ | 10.20 ^e | 66 | 25.85 | 2 | 163.62 ^{bc} | -29 |
| | N ₂ PS ₀ | 9.04 ^{de} | 47 | 32.62 | 28 | 151.52 ^{bc} | -35 |
| | N ₂ PS ₁ | 6.87 ^{cd} | 12 | 34.27 | 35 | 154.63 ^{bc} | -33 |
| | N ₂ PS ₂ | 4.56 ^{abc} | -26 | 26.95 | 6 | 79.61 ^a | -66 |
| | ort. | 6.38 | | 28.46 | | 155.93 | |
| | SD | 2.91 | | 6.91 | | 50.52 | |
| | min. | 2.23 | | 12.41 | | 76.27 | |
| | max. | 11.95 | | 43.02 | | 273.58 | |

* Harflendirmeler yıl ve besin elementi düzeyinde ayrı ayrı hesaplanan Duncan^(0.05) değerlerine göre yapılmıştır.

** Duncan testine göre arasında önemli farklılıklar bulunmayan değerlerde harflendirme yapılmamıştır.

*** Duncan testine göre % 5 önem düzeyinde farklı ortalamalar farklı harflerle gösterilmiştir.

**** Değerler virgülden sonra en yakın 2 ondalık basamaklı sayıya yuvarlanmıştır.



Şekil 4.21. Bitki yapraklarındaki Cu, Zn ve Mn içeriği değerlerinin grafik gösterimi

4.10. Kök ve Sürgünlere ait Kuru Ağırlıklar

Bitkilerin kök ve sürgünlerine ait kuru ağırlık değerleri ve analiz sonuçları Çizelge 4.12’de sunulmuştur. Şekil 4.22’de de değerlerin grafik gösterimi görülmektedir. Kök kuru ağırlığı değerleri bakımından uygulamalar arasında istatistiki olarak önemli farklılıklar gözlenmiştir. Bütün uygulamalar (N₁PS₁ (3x) hariç) kök kuru ağırlığını artırmıştır. Örneğin; N₂PS₁ (2x) uygulaması ile kök kuru ağırlığı kontrole göre %123 oranında artış göstermiştir. Aynı şekilde, Pot. uygulaması da kök kuru ağırlığını kontrole göre %73 oranında artırmıştır.

Sürgün kuru ağırlığı bakımından uygulamalar arasında istatistiki olarak önemli farklılıklar gözlenmemiştir. Bazı uygulamalarda (N₀PS₁ (2x)) sürgün kuru ağırlığı kontrole göre %20 azalırken, bazı uygulamalarda (N₂PS₀ (2x)) %49 artış göstermiştir.

Çizelge 4.12. Kök ve sürgünlere ait kuru ağırlık değerleri

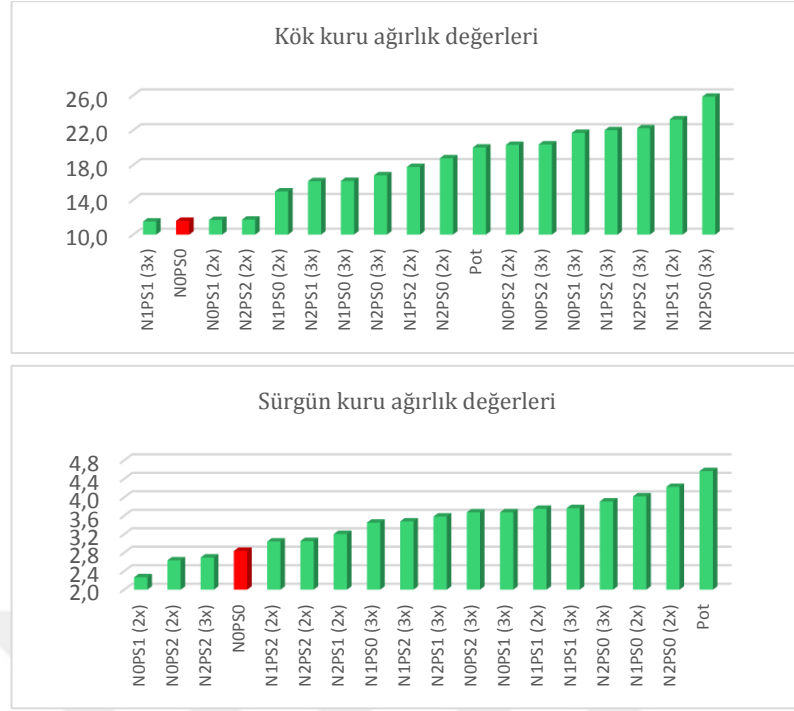
| Uygulamalar | Kök Kuru Ağırlığı | Kontrole göre fark (%) | Sürgün Kuru Ağırlığı | Kontrole göre fark (%) |
|-------------------------------------|---------------------|------------------------|----------------------|------------------------|
| Pot. | 20.0 ^{abc} | 73 | 4.6 | 61 |
| N ₀ PS ₀ | 11.6 ^a | - | 2.8 | - |
| N ₀ PS ₁ (2x) | 11.7 ^a | 1 | 2.3 | -20 |
| N ₀ PS ₁ (3x) | 21.7 ^{bc} | 87 | 3.7 | 29 |
| N ₀ PS ₂ (2x) | 20.3 ^{abc} | 75 | 2.6 | -7 |
| N ₀ PS ₂ (3x) | 20.4 ^{abc} | 76 | 3.7 | 29 |
| N ₁ PS ₀ (2x) | 15.0 ^{ab} | 29 | 4.0 | 42 |
| N ₁ PS ₀ (3x) | 16.2 ^{ab} | 40 | 3.5 | 22 |
| N ₁ PS ₁ (2x) | 23.2 ^{bc} | 101 | 3.8 | 32 |
| N ₁ PS ₁ (3x) | 11.5 ^a | -1 | 3.8 | 33 |
| N ₁ PS ₂ (2x) | 17.8 ^{abc} | 53 | 3.0 | 7 |
| N ₁ PS ₂ (3x) | 22.0 ^{bc} | 90 | 3.5 | 22 |
| N ₂ PS ₀ (2x) | 18.8 ^{abc} | 62 | 4.2 | 49 |
| N ₂ PS ₀ (3x) | 16.8 ^{ab} | 45 | 3.9 | 38 |
| N ₂ PS ₁ (2x) | 25.8 ^c | 123 | 3.2 | 13 |
| N ₂ PS ₁ (3x) | 16.1 ^{ab} | 39 | 3.6 | 26 |
| N ₂ PS ₂ (2x) | 11.7 ^a | 1 | 3.1 | 8 |
| N ₂ PS ₂ (3x) | 22.2 ^{bc} | 92 | 2.7 | -5 |
| ort. | 17.9 | | 3.4 | |
| SD | 5.7 | | 0.9 | |
| min. | 7.3 | | 2.1 | |
| max. | 34.0 | | 6.5 | |

* Harflendirmeler ayrı ayrı hesaplanan Duncan_(0.05) değerlerine göre yapılmıştır.

** Duncan testine göre arasında önemli farklılıklar bulunmayan değerlerde harflendirme yapılmamıştır.

*** Duncan testine göre % 5 önem düzeyinde farklı ortalamalar farklı harflerle gösterilmiştir.

**** Değerler virgülden sonra en yakın 1 ondalık basamaklı sayıya yuvarlanmıştır.



Şekil 4.22. Kök, sürgün yaş ve kuru ağırlığı değerlerinin grafik gösterimi

5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

5.1. Tartışma

Günümüzde yeşil alanlar olarak tanımlanan park, bahçe ve çim yüzeyli spor alanları genellikle yoğun basıma ve çğnenme stresi nedeniyle tehdit altındadır. Bu gibi yoğun kullanım gören alanlarda çimler aşınma ve sıkışma nedeniyle ciddi hasarlar görebilmektedir. Ayrıca, bu alanlarda çim bitkilerinden beklentiler oldukça yüksektir. Kullanıcılar her zaman güvenli, sağlıklı, kaliteli, düşük girdili, estetik, üniform ve yıl boyu aktif büyüme gösteren yeşil çim yüzeyler istemektedir. Tüm bu isteklerin sağlanması oldukça zordur ve ancak uygun tür/çeşit seçiminden sonra uygun kültürel bakım uygulamalarının yapılması ile mümkün olabilmektedir. Bu kültürel uygulamaların başında gübreleme uygulamaları gelmektedir. Uygun gübreleme, çevresel streslere ve hastalık ve zararlılara karşı dirençli, yoğun, kaliteli ve koyu yeşil renkli çim alanlar sağlamaktadır. Düşük kaliteli çim alanların iyileştirilmesi ve yüksek kaliteli çim alanların sürdürülmesi uygun gübreleme ile mümkün olmaktadır.

Sıcak iklim çim bitkilerinde dormansi süresini kısaltabilmek amacıyla birçok gübreleme çalışması yapılmıştır. Gibeault vd. (1997), Richardson (2002), Munshaw vd. (2006), Volterrani vd. (2010) ve Oh vd. (2015) sonbaharda azot uygulamalarının sıcak iklim çim bitkilerinde sonbahar-kış yeşil renklerini koruma kabiliyetlerini artırabileceğini ve ilkbaharda erken yeşillenmeyi teşvik edebileceğini belirtmişlerdir. Aynı şekilde, Tisdale vd. (1985) ve Epstein (1999; 2001) silikon uygulamalarının bitkilerin düşük sıcaklıklar, donma ve besin stresine karşı toleransını artırabileceğini belirtmişlerdir.

Bu çalışma kapsamında Japon çiminin sonbahar-kış aylarında yeşil rengini koruyabilme kabiliyetini artırmak, erken ilkbaharda yeşillenmeye teşvik etmek ve genel çim performansını artırmak amacıyla çeşitli oranlarda azot ve potasyum silikat uygulamaları yapılmıştır. Sonuçlar azot ve potasyum silikat uygulamalarının, Japon çiminde bazı istenilen çim karakteristiklerinde (daha yüksek kalite, daha koyu renk, daha yüksek klorofil içeriği ve çim indeks değeri,

daha fazla yoğunluk vb.) pozitif etki elde etmede başarılı olduğunu göstermiştir. Ayrıca, uygulama yapılan bazı parsellerin sonbaharda dormansiye daha geç girmesi ve ilkbaharda daha erken yeşillenmesi sonucu dormansi periyodunun kısaltılması, bu yolla Japon çiminin sonbahar-kış dönemi yeşil rengini koruyabilme ve genel çim performansı artırmanın mümkün olabileceğine işaret etmektedir. Çim bitkileri endüstrisindeki başarı, kullanıcı talebinin karşılanması ve yıl boyu yeşil çim alanların oluşturulabilmesi ile yakından ilişkilidir. Dormansi süresinin kısaltılma olanağı bu türün Türkiye’de daha fazla kullanımına imkân sağlayacaktır. Çalışmada yapılan bazı uygulamaların bu bakımdan etkili olduğu saptanmıştır. En erken %100 ilkbaharda yeşillenme oranları ve en az dormansi oranlarının yüksek oranda azot ve yüksek oranda potasyum silikatın birlikte uygulandığı parsellerde elde edilmesi sonucu, bu uygulamaların dormansi süresini kısaltmada, kalite, renk, oynanabilirlik ve kullanılabilirliği artırmada etkili olduğu kanaatine varılmıştır. Ayrıca, bu çalışma neticesinde, azot ile birlikte verilecek potasyum silikat uygulamalarının spor sahalarında yıl boyu yeşil bir örtü sağlamak için yapılan ve oldukça zahmetli ve maliyetli olan üstten tohumlama ihtiyacını ortadan kaldırılabilceği düşünülmektedir.

Çalışma kapsamında alınan dormansi gözlemleri değerlendirildiğinde; 2018 yılı aralık ayında kontrol parselleri %32 dormansi oranına sahipken 5 gr/m² N uygulaması yapılan bitkiler %8-10 dormansi oranına sahip olmuştur. 2018 yılı şubat ayında kontrol parsellerinin büyük kısmı (%73) dormant haldeyken, 5 gr/m² N ile birlikte 3 ml/l PS uygulaması sonucu dormansi oranı sadece %25 olmuştur. Aynı şekilde 2019 yılında da dormansi oranları yüksek oranda N uygulamaları ile azaltılmıştır. 2019 yılında genel olarak bütün bitkilerin dormansi oranlarının 2018 yılına göre daha düşük olmasının ortalama hava sıcaklığının 2019 yılında daha yüksek seyretmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Sonuç olarak; yapılan N ve PS uygulamaları ile Japon çiminin kışın daha fazla renk koruması ve ilkbaharda daha erken yeşillenmesi sağlanarak dormansi süresinin azaltılması ve netice olarak daha uzun süre yeşil kalması teşvik edilmiştir.

İlkbaharda en erken uyanan ve yüksek oranda yeşil dokuya en çabuk ulaşan parsellerin yüksek oranda N uygulamaları yapılan parseller olduğu görülmektedir. 2018 yılı mart ayında kontrol bitkileri %64 ilkbaharda yeşillenme oranına sahip iken, N₂PS₂ (3x) uygulaması ile bu oran %94'e çıkmıştır. N ile birlikte PS uygulaması tek başına N uygulanan bitkilere göre ilkbaharda yeşillenme oranlarını genel olarak artırırken, bu farklar istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur.

Bu çalışma neticesinde herhangi bir gübreleme yapılmayan Japon çiminin (kontrol bitkileri) her iki yılda da kasım sonu-aralık başında dormansiye girmeye başladığı, ocak ayının ilk haftasında %50 ve şubat ayının ortasından sonuna doğru yaklaşık %70 dormansi oranına sahip olduğu gözlenmiştir. Bitkiler henüz %100 dormansi oranına ulaşmadan mart ayında sıcaklıkların yükselmesiyle yeniden yeşillenme sürecine girmiştir. Japon çimi kontrol bitkilerinin mart ayının ortasında yaklaşık %60, nisan ayının ortasında yaklaşık %80 ve mayıs ayının ortasında %100 ilkbaharda yeşillenme oranlarına sahip olduğu gözlenmiştir.

Tek başına PS uygulaması yapılan bitkiler %50 dormansi oranına kontrol bitkilerinden yaklaşık 10-15 gün daha önce ulaşmışlardır. 2018 yılında düşük veya yüksek oranda N uygulaması yapılan parsellerin büyük çoğunluğu %50 dormansi oranına ulaşmadan yeniden yeşillenme sürecine başlamıştır. 2019 yılında ise düşük oranda N uygulaması yapılan parseller son dormansi gözlemi alınan tarih olan 19 Şubat'ta %50-75 arasında değişen dormansi oranlarına sahip olmuştur. Yüksek oranda N uygulaması yapılan parseller ise %50 dormansi oranına ulaşamamıştır.

Hava sıcaklığının artması sonucu sıcak iklim çim bitkilerinin kalite değerlerinin bahar aylarında kış aylarına göre daha yüksek olduğu bilinmektedir. Bu çalışmada da 2018 yılı kış aylarında ortalama 4.4 kalite değerine sahip olan kontrol bitkileri bahar aylarında ortalama 5.9 ile kabul edilebilir çim kalite değerlerine sahip olmuştur. N uygulama miktarı arttıkça, çim kalite değerleri istatistiki olarak önemli oranda artış göstermiştir. 5 gr/m² N uygulaması bütün

mevsimlerde kabul edilebilir-iyi çim kalitesi oluşturmuştur. Bu bulgular Patton vd. (2010) ve Trappe ve Patton (2013)'un bulgularıyla benzerlik göstermektedir. Tek başına uygulandığında kaliteyi artırmada başarısız olan PS, N ile birlikte uygulandığında çim kalitesini artırsa da istatistiki olarak önemli fark bulunmamıştır. Bu bulgular potasyum silikat uygulamasının kuraklık şartları altında *Trifolium alexandrium*'un kalitesini artırdığını belirten Ibrahim vd. (2015)'nin bulgularıyla birebir örtüşmemektedir. Aynı şekilde, Trenholm vd. (2001) de *Paspalum vaginatum*'a potasyum silikat uygulaması sonucu kalite değerlerinin önemli düzeyde arttığını belirtmişlerdir.

Shearman ve Kenna (2011) ve Fraser ve Rose-Fricker (2007) çim bitkilerinde koyu yeşil rengin aranan özellik olduğunu belirtmişlerdir. Yapılan uygulamalar sonucu, en düşük (açık yeşil) renk değerleri tek başına PS uygulamalarında, en yüksek (koyu yeşil) renk değerleri ise yüksek oranda N ile birlikte PS uygulamalarında gözlenmiştir. Bu çalışma kapsamında tek başına yapılan PS uygulamaları bitkilerin renk değerlerini artırmada başarısız bulunmuştur. Aksine, Trenholm vd. (2001) iki farklı *Paspalum vaginatum* ekotipinde yapraktan ve topraktan potasyum silikat uygulamasının renk değerlerini önemli ölçüde artırdığını belirtmişlerdir. Saud vd. (2014) de *Poa pratensis*'e silikon uygulaması sonucu ortalama renk değerinin kontrole göre %42 arttığını belirtmiştir. Çim bitkilerine N uygulamasının daha koyu yeşil renkle sonuçlandığı bilinmektedir. Bu çalışma kapsamında uygulanan N oranı arttıkça çim renk değerleri genel olarak artış göstermiştir. Bu bulgular N uygulamasının çimlerin renk değerlerini artırdığını belirten Dunn vd. (1993), Gibeault vd. (1997), Richardson (2002), Munshaw vd. (2006) ve Volterrani vd. (2010)'nin bulgularıyla tutarlılık göstermektedir.

Çalışma kapsamında yapılan uygulamalar sonucu en yüksek çim yoğunluğu değerleri 2018 yılında N₂PS₂ (3x), 2019 yılında N₂PS₁ (3x) uygulamalarında gözlenmiş olup en düşük çim yoğunluğu değerleri 2018 yılında N₀PS₁ (2x), 2019 yılında ise N₀PS₂ (2x) uygulamasında gözlenmiştir. Bulgulardan anlaşıldığı gibi yüksek oranda N ile birlikte PS uygulamaları çim yoğunluğu bakımından yüksek değerlere sahip olurken, tek başına PS uygulamalarının çim yoğunluk değerleri

en düşük (kontrolden daha az) olmuştur. Trenholm vd. (2001) *Paspalum vaginatum*'un büyüme ve kalite parametreleri üzerine potasyum silikat uygulamalarının etkisini belirlemek amacıyla iki ardışık saha denemesi gerçekleştirmiş ve deneme 2'de tek başına potasyum silikat uygulamalarının çim yoğunluğunu kontrole göre artırdığını belirtmişlerdir. Ayrıca, bitkisel hormonların bitki büyüme, gelişim ve sağlığı üzerine etkileri bulunmaktadır. Sitokininin çim bitkilerinde kardeşlenme ve sürgün gelişimini, oksinin kök gelişimini teşvik ettiği bilinmektedir. Bitkilerin sitokin ve oksin içerikleri Zn varlığı ve yokluğunda değişiklik göstermektedir. Bu sebeple doğru tespitlerde bulunabilmek için çim yoğunluğu ve Zn içeriklerini birlikte değerlendirmek faydalı olabilir. Veriler değerlendirildiğinde gerçekten de bitkilerin Zn içeriği arttıkça genel olarak çim yoğunluğunun arttığı görülmektedir.

Çim indeks değerleri kontrol ve tek başına PS uygulaması yapılan parsellerde en düşük, yüksek oranda N uygulaması ve yüksek oranda N uygulaması ile birlikte potasyum silikat uygulaması yapılan parsellerde ise en yüksek olmuştur. Sonuçlar N uygulama oranı arttıkça çim indeks değerlerinin arttığını, tek başına PS uygulamasının ise çim indeks değerlerini artırmada başarısız olduğunu göstermektedir.

Klorofil içerikleri değerlendirildiğinde; 2018 yılı kış mevsimi klorofil içeriği en yüksek N₂PS₂ (3x), en düşük ise N₀PS₁ (2x) uygulamaları sonucu elde edilmiştir. Tek başına PS uygulamaları 2018 yılı kış mevsimi klorofil içeriğinde kontrole göre bir artış sağlamamıştır. Benzer şekilde silikon uygulamasının Ahmad vd. (1992) tarafından tuz stresli buğdayda ve Shen vd. (2010) tarafından soya fasulyesinde klorofil içeriğini etkilemediği belirtilmiştir. Öte yandan, çok sayıda çalışmada ise silikon uygulamasının klorofil içeriğini artırdığı rapor edilmiştir. Örneğin; silikonun sorgum (Kaya vd., 2006), çilek (Wang ve Galetta, 1998) ve soya fasulyesinin (Lee vd., 2010) klorofil içeriği artırdığı bildirilmiştir. Benzer şekilde, Chen vd. (2010) ise pirince silikon uygulamasının klorofil konsantrasyonunu artırdığını belirtmiştir. Yine, silikon uygulamasının *Agrostis palustris*'te (Schmidt vd., 1999) ve NaCl stresine maruz bırakılan iki farklı *Poa pratensis* çeşidinde (Bae vd. 2012) klorofil içeriğini artırdığı belirtilmiştir.

Estetik ve fonksiyonel amaçlı kullanılan çim bitkilerinin beraberinde biçim giderlerini getirmesi sebebiyle yoğun çiçeklenmesi istenmemektedir. Yoğun çiçek oluşumu, bitkinin kardeşlenmesini düşürerek, birim alanda sürgün yoğunluğunu azaltacağından arzu edilmemektedir. Bu bakımdan çimler düzenli biçim ile generatif gelişime geçmesi engellenerek, vejetatif büyüme periyodu içinde tutulmaktadır. Aksine, çim tohumu üreticileri birim alandan daha fazla çiçek ve dolayısıyla tohum alma eğilimindedirler. Uygulamalar arasında istatistiki olarak önemli farklılıklar gözlenmemekle birlikte, tek başına PS uygulamalarının çiçek yoğunluğunu düşürdüğü gözlenmiştir. Çalışmanın bulguları silikon uygulamalarının çiçek verimini artırmadığını belirten Ma vd. (1989) ve Deren vd. (1994)'nin bulgularıyla tutarlılık göstermektedir. Fakat Ma ve Takashi (2002), yine bir buğdaygiller familyası üyesi olan pirinçte silikonun pirinç verimini önemli derecede artırdığını belirtmişlerdir. Aynı şekilde Mauad vd. (2013) de N ve Si uygulamalarının salkım sayısını artırdığını belirtmişlerdir. Hwang vd., (2005) minyatür güle ve Savvas vd. (2002) de *Gerbera sp.*'ye silikon uygulamasının toplam çiçek verimini artırdığını belirtmişlerdir.

Çalışma süresince bitkilerde gözle görülebilir besin eksikliği veya hastalık bulgularına rastlanmamıştır. Bu araştırma sonucunda, uygulamaların her iki deneme yılında da yaprak N içeriği üzerine etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuştur. 5 g/m² N uygulanan bitkilerde N içeriklerinin Bryson vd. (2014)'nin belirttiği referans değerlerine göre yeterli olduğu, diğer uygulamalar sonucu N içeriklerinin yetersiz olduğu belirlenmiştir. 2019 yılı N içerikleri değerlendirildiğinde; Pot. uygulaması yapılan bitkilerin N içerikleri kontrole göre dramatik bir biçimde düşüş (%64) göstermiştir. Yani, bitkilere tek başına potasyum sülfat uygulaması N alımını önemli ölçüde azaltmıştır. 2019 yılında tek başına yüksek oranda PS uygulaması yaprak N içeriğini önemli ölçüde artırmıştır. Bu bulgular Mali ve Aery (2008a)'nin bulgularıyla tutarlılık göstermektedir. Pulz vd. (2008) ise silikonun patateste N içeriğini azalttığını belirtmişlerdir.

2018 yılında bütün uygulamaların yaprak P içeriğini önemli ölçüde azalttığı belirlenmiştir. Aynı şekilde, Eneji vd. (2005) de kalsiyum silikat uygulamasıyla

yaprak P konsantrasyonunun kontrole göre önemli ölçüde düşük olduğunu belirtmişlerdir. Her iki yılda da bütün uygulamalar sonucu P içerik değerlerinin Bryson vd. (2014)'nin belirttiği referans değerlerinden fazla olduğu belirlenmiştir. 2019 yılında Pot. ve tek başına PS uygulamaları hariç bütün uygulamalar yaprak P içeriklerini azaltmıştır. Tek başına yüksek oranda PS uygulaması P içeriğini kontrole göre istatistiki olarak önemli düzeyde artırmıştır. Bu bulgular silikonun düşük konsantrasyonlarda bile buğdayda P alımını artırdığını belirten Mali ve Aery (2008a)'nın bulgularıyla tutarlıdır. Ayrıca, silikon gübrelemesinin yaprak P içeriğini artırdığı Pulz vd. (2008) tarafından patatesten, Linjuan vd. (1999) *Agrostis stolonifera* ve *Zoysia japonica* çim türlerinde de belirtilmiştir.

Yaprak K içeriği üzerine uygulamaların önemli etkileri olduğu görülmüştür. 2018 yılında genel olarak bütün uygulamalar (N₂PS₂ hariç) yaprak K içeriğini artırmıştır. Bulgular kuraklık stresi altındaki ayçiçeği çeşitlerine silikon uygulamasının K alımını artırdığını belirten Güneş vd. (2008)'nin bulgularıyla uyumludur. Chen vd. (2010) ise silikonun iyi sulama şartları altında pirinçte yaprak K içeriğini değiştirmediğini belirtmiştir. 2018 yılında, en yüksek yaprak K içeriğinin Pot. veya PS uygulaması yapılan parsellerde gözlenmesi beklenirken N₂PS₀ uygulamasında belirlenmiştir. En düşük yaprak K içeriği ise N₂PS₂ uygulamasında gözlenmiştir. Yani yüksek oranda PS'ın yüksek oranda N ile birlikte uygulanması yaprak K içeriğini düşürmüştür. Pot. uygulaması ise kontrole göre K içeriğini artırsa da bu fark istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. Eneji vd. (2008) de dört farklı çim türünde 3 farklı silikon kaynağıyla yaptığı çalışmada potasyum silikat uygulamasının K alımını önemli ölçüde artırdığını belirtmiştir. Bu araştırmanın 2019 yılı verilerine göre; tek başına PS uygulamaları K içeriğini azaltmıştır. Trenholm vd. (2001) iki yıl süren çalışmalarının birinci yılında *Paspalum vaginatum*'da 1. yılda yaprak K içeriğinin en fazla topraktan potasyum silikat uygulaması ve tek başına K uygulaması yapılan parsellerde belirlendiğini, 2. yılda ise yaprak K içeriği bakımından farklılık gözlenmediğini belirtmişlerdir. Eneji vd. (2005) ise kalsiyum silikat uygulamasıyla yaprak K konsantrasyonunun kontrole göre önemli ölçüde düştüğünü belirtmişlerdir. Aynı şekilde, Şen vd. (2011) de tuzluluk stresi altında

Paspalum vaginatum'a silikon uygulamasının yaprak K konsantrasyonunu azalttığını belirtmiştir. Bu durum tuz uygulamasının potasyum uygulamasını olumsuz etkilemesi ile açıklanabilir. Veriler değerlendirildiğinde; 2019 yılı K içeriklerinin (Pot. ve tek başına PS uygulamaları hariç) Bryson vd. (2014)'nin belirttiği optimum değerler arasında olduğu görülmüştür.

2018 yılı verilerine göre bütün uygulamalar yaprak Si içeriklerini azaltmıştır. Çalışmanın bulguları kuraklık ve iyi sulama şartlarında yetiştirilen pirince silikon uygulamasının Si yaprak konsantrasyonlarını artırdığını belirten Chen vd. (2010)'nin verileriyle çelişmektedir. Mattson ve Leatherwood (2010) da 21 farklı süs bitkisine uygulanan silikonun yaprak Si konsantrasyonu önemli miktarda artırdığını belirtmiştir. Yine Janislampi (2012) hidrofonic çözelti içindeki silikon miktarının artmasıyla mısır yapraklarındaki Si içeriğinin arttığını belirtmiştir. Aynı şekilde, silikon uygulamasının *Agrostis stolonifera* ve *Zoysia japonica*'da (Linjuan vd., 1999; Saigusa vd., 2000), *Brachiaria sp.*'de (Sarto vd. 2016), *Lolium perenne*'de (Nanayakkara vd., 2008) ve *Cynodon dactylon*'da (Datnoff ve Rutherford, 2003) yaprak Si konsantrasyonlarını önemli ölçüde artırdığı belirtilmiştir. Bu çalışma kapsamında; Japon çiminde N ve PS uygulamasına bağlı olarak yaprak Si içeriğinin homojen bir değişim göstermediği söylenebilir. Örneğin; PS uygulaması yapılan parsellerde Si içeriğinin kontrole göre daha yüksek olması beklenirken, istatistiki olarak önemli düzeyde daha düşük olmuştur. Çalışmanın bulguları yaprak Si uygulamalarının yaprak silikon içeriğini önemli derecede artırmadığını ve hiç silikon uygulaması yapılmayan bitki yapraklarında bile silikon belirlendiğini belirten Çetinsoy ve Yıldız Daşgan (2016)'ın bulgularıyla uyumluluk göstermektedir. 2019 yılı verilerinde ise aksine, bütün uygulamalar Si içeriklerini artırmıştır. Hiç PS uygulaması yapılmayan parsellerde bile Si içeriği kontrole göre istatistiki olarak önemli düzeyde daha fazla olmuştur. Kontrol parsellerinin uygulama yapılan parsellerden daha düşük silikon seviyelerine sahip olması beklenirken, Gussack vd. (1998) de en yüksek oranda yüksek silikon uygulaması yapılan parsellerde silikon içeriğinin en düşük olduğu *Agrostis*'te benzer bir tepki bulmuşlardır. Trenholm vd. (2001) da aynı şekilde, iki yıl süren çalışmalarının birinci yılında *Paspalum vaginatum*'da yaprak silikon

içeriğinin düşük oranda silikon uygulamasında daha fazla olduğunu belirtmişlerdir. Yani yüksek oranda silikon uygulanan bitkiler kontrolden daha az yaprak Si içeriğine sahip olmuşlardır. İkinci yılda ise tüm uygulamaların kontrole göre daha fazla Si içeriğine sahip olduğu belirtilmiştir. Pereira vd. (2004) de yaprak Si konsantrasyonu ile uygulanan Si arasında yakın ilişkiler olduğunu vurgulamıştır. Eneji vd. (2005) ise kalsiyum silikat uygulamasıyla *Chloris gayana* ve *Sorghum sudanense*'nin yaprak konsantrasyonlarında kontrole göre önemli ölçüde artış olan tek elementin silikon olduğunu belirtmiştir.

2018 yılı Ca içeriği bakımından uygulamalar arası istatistiki olarak önemli farklılıklar gözlenmemiştir. En yüksek Ca içeriği N₁PS₀ uygulamasında, en düşük Ca içeriği ise N₂PS₂ uygulamasında belirlenmiştir. Uygulamaların 2019 yılı Ca içerikleri üzerine de istatikselsel anlamda etkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Fakat bütün uygulamalar sonucu Ca içeriği azalmıştır. 2019 yılı yaprak Ca içerikleri Bryson vd. (2014) tarafından belirtilen optimum değerlere göre yetersiz bulunmuştur. Bulgular silikon uygulamasının pirincin Ca yaprak konsantrasyonlarını önemli ölçüde değiştirmedini belirten Chen vd. (2010)'nin verileriyle uyumludur. Mali ve Aery (2008a) buğdayda ve Mali Aery (2008b) börülcede silikon uygulamasının Ca alımını artırdığını belirtmişlerdir. Eneji vd. (2005) ise kalsiyum silikat uygulamasıyla yaprak Ca konsantrasyonunun kontrole göre önemli ölçüde düşük olduğunu belirtmiştir.

Uygulamaların 2018 yılı Mg içeriği üzerine etkileri ise istatistiki olarak anlamlı bulunmuştur. N ile birlikte PS uygulandığında kontrole göre önemli derecede artışlar sağlamıştır. Fakat tek başına PS uygulamaları 2018 yılında Mg içeriğini önemli oranda artıramamıştır. 2018 yılı Mg içerikleri Bryson vd. (2014) tarafından bildirilen optimum değerlerin altında kalmıştır. Chen vd. (2010) de pirinçte silikon uygulamasının yaprak Mg içeriğini değiştirmedini belirtmişlerdir. Çalışma sonucunda Mg içeriklerindeki artışların N oranı artışıyla paralellik gösterdiği görülmüştür. 2019 yılında da yine uygulamaların 2019 yılı Mg içerikleri üzerine etkileri istatikselsel olarak önemli bulunmuştur. Tek başına yüksek oranda PS uygulaması Mg içeriğini kontrole göre %41 oranında

artırmıştır. Bulgular silikon uygulamasının kuraklık stresi altındaki ayçiçeği çeşitleri (Güneş vd., 2008) ve patatesten (Pulz vd., 2008) Mg içeriğini artırdığını belirten yazarların bulgularıyla tutarlıdır. Aksine, Ayres (1966) ise silikon uygulamasının şeker kamışında Mg alımını baskıladığını belirtmiştir. Aynı şekilde, Eneji vd. (2005) de kalsiyum silikat uygulamasıyla yaprak Mg konsantrasyonunun kontrole göre önemli ölçüde azaldığını belirtmişlerdir.

Uygulamaların 2018 yılı Fe içeriği üzerine etkileri anlamsız bulunsa da bütün uygulamalar sonucu Fe içerikleri azalmıştır. Fe içeriklerinin Bryson vd. (2014)'nin belirttiği optimum değerlerden daha fazla olduğu belirlenmiştir. 2019 yılında da Fe içeriği bakımından gözlenen farklılıklar istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. 2018 yılı ile kıyaslandığında Fe içerikleri 2019 yılında daha az olmuştur. Özellikle bazı uygulamalarda Fe içeriklerinin Bryson vd. (2014)'nin belirttiği referans değerlerinin biraz altında olduğu görülmüştür. Bulgular iyi sulama koşulları altında yetiştirilen pirince silikon uygulamasının K, Na, Ca, Mg ve Fe yaprak doku konsantrasyonlarında önemli ölçüde değiştirmedini belirten Chen vd. (2010)'nin bulgularıyla tutarlıdır.

2018 yılı Cu içeriği bakımından uygulamalar arasında istatistiki olarak önemli farklılıklar gözlenmemiştir. Yüksek oranda N uygulamaları Cu içeriğini artırırken, diğer bütün uygulamalar Cu içeriğini azaltmıştır. Cu içerik değerleri Bryson vd. (2014)'nin belirttiği referans değerlerinden fazla olmuştur. Uygulamalar 2019 yılı Cu içerikleri bakımından anlamlı farklılıklar oluşturmuştur. En yüksek Cu içeriği N₁PS₂ uygulamasında, en düşük Cu içeriği ise N₀PS₁ uygulamasında belirlenmiştir. Pot. uygulaması Cu içeriğini kontrole göre %58 oranında artırmıştır. Tek başına PS uygulamaları ise Cu içeriğini kontrole göre önemli düzeyde azaltmıştır. Bu bulgular kalsiyum silikat uygulamasının yaprak Cu konsantrasyonunun kontrole göre önemli ölçüde düşük olduğunu belirten Eneji vd. (2005)'nin bulgularıyla uyumluluk göstermektedir. Güneş vd. (2008) ise kuraklık stresi altındaki ayçiçeği çeşitlerine silikon uygulamasının Cu alımını artırdığını belirtmiştir. 2019 yılında Cu içerikleri tek başına PS uygulamalarında Bryson vd. (2014)'ni belirttiği referans aralığında

kalmıştır. Diğer bütün uygulamalar sonucu belirlenen Cu içerikleri bu aralığın üzerinde olmuştur.

Zn içeriği bakımından her iki yılda da istatistiki olarak önemli farklılıklar gözlenmemiştir. Bütün uygulamalar 2018 yılı Zn içeriklerini kontrole göre bir miktar artırmıştır. Fakat N₂PS₀ ve N₂PS₂ uygulamaları hariç bütün değerler Bryson vd. (2014)'nin belirttiği optimum değerlerin altında kalmıştır. Güneş vd. (2008) de kuraklık stresi altındaki ayçiçeği bitkilerine silikon uygulamasının Zn içeriğini azalttığını belirtmişlerdir. 2019 yılında ise tek başına PS uygulamaları ve N₁PS₁ hariç bütün uygulamalar Zn içeriklerini kontrole göre artırmıştır. Aksine, Eneji vd. (2005) de kalsiyum silikat uygulamasıyla yaprak Zn konsantrasyonunun kontrole göre önemli ölçüde düşük olduğunu belirtmiştir. 2019 yılı Zn içerikleri Bryson vd. (2014) tarafından belirlenen optimum değerlerin altında kalmıştır.

2018 yılı Mn içerikleri istatistiki olarak önemli farklılıklar göstermemiştir. Fakat bütün uygulamalar sonucu Mn içerikleri kontrole göre artmıştır. 2019 yılı Mn içerikleri bakımından ise istatistiki olarak önemli farklılıklar gözlenmiştir. Bütün uygulamalar Mn içeriklerini kontrole göre önemli oranda azaltmıştır. En fazla azalış %66 ile N₂PS₂ uygulamasında belirlenmiştir. Tek başına PS uygulamaları da yaprak Mn içeriklerini kontrole göre önemli düzeyde azaltmıştır. Bulgular silikon uygulamasının börülce yapraklarındaki Mn konsantrasyonunu düşürdüğünü belirten Horst vd. (1999)'un bulgularıyla uyumludur. Güneş vd. (2008) ise silikonun kuraklık stresi altındaki ayçiçeği bitkilerinde Mn alımını artırdığını belirtmiştir. 2019 yılında Mn içerikleri 2018 yılına göre daha yüksek olmuştur. Fakat her iki yılda da Mn içerikleri Bryson vd. (2014)'nin belirttiği referans değerlerinin üzerinde olmuştur.

Uygulamaların kök kuru ağırlığına etkisi ise istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. En fazla kök kuru ağırlığı N₂PS₁ (2x) uygulamasında, en düşük kök kuru ağırlığı ise N₁PS₁ (3x) uygulamasında tespit edilmiştir. Tek başına 3 ml/l PS uygulaması kök kuru ağırlığını kontrole göre istatistiki olarak önemli düzeyde artırmıştır. Bu bulgular silikon uygulamasının kuraklık stresli

sorgumda kök kuru ağırlığını artırdığını belirten Kaya vd. (2006) ve kuraklık stresli buğdayda toplam kök uzunluğu ve hacmini artırdığını belirten Chen vd. (2010)'nin bulgularıyla uyumludur. Eneji vd. (2008) de dört farklı çim türünde 3 farklı silikon kaynağıyla yaptığı çalışmada kök kuru ağırlığının önemli ölçüde arttığını belirtmiştir. Fakat Ahmad vd. (1992) tuz stresli buğdaya silikon uygulamasının kök kuru ağırlığını değiştirmediğini belirtmişlerdir. Ayrıca, N uygulamasının kuru ağırlığı artırdığı bilinmektedir. N uygulamaları öncelikle üst aksam gelişimini teşvik etmekte ve daha sonra kök gelişimini etkilemeye başlamaktadır. Fakat N uygulaması belirli bir oranın üstüne çıktığında kök ve sürgün kuru ağırlıklarını azaltarak bitki gelişimini olumsuz etkilemektedir. Sonuçlara bakıldığında uygulamalarla kök ağırlığı (istatistiksel olarak önemli) ve sürgün ağırlığının (istatistiksel olarak önemsiz) genel olarak artırıldığı görülmektedir. Ek olarak, PS uygulamasının bitkilerin fotosentetik verimi, su kullanımı ve su içeriğini artırdığı bilinmektedir. Bitkilerin su kullanımı ve fotosentezinin artması sonucu kuru ağırlıklar artmış olabileceği düşünülmektedir.

Sürgün kuru ağırlıkları bakımından istatistiksel olarak önemli farklılıklar gözlenmemiştir. Bulgular *Cynodon dactylon*'a uygulanan artan silikon konsantrasyonları ile yaprak kuru ağırlığı arasında doğrusal bir ilişki gözlenmediğini belirten Datnoff ve Rutherford (2003)'ün bulgularıyla uyumludur. Aksine, silikon ilavesinin buğday (Ahmad vd., 1992), pirinç (Matoh vd., 1986), sorgum (Kaya vd., 2006), *Poa pratensis* (Bae vd., 2012) ve arpada (Kudinova vd., 1974) sürgün ağırlığını artırdığı belirtilmiştir. Silikon uygulamasının kuraklık stresli soya fasulyesi, pirinç, mısır ve buğday (Janislampi vd., 2012), *Agrostis palustris* (Gussack vd., 1998) ve *Chloris gayana*, *Phleum pratense*, *Sorghum sudanense* ve *Festuca arundinacea*'nın (Eneji vd., 2008) kuru ağırlığını önemli ölçüde artırdığı belirtilmiştir.

5.1. Sonuçlar

Sonuç olarak yapılan uygulamaların gözlemlenen parametrelerin büyük bir bölümünde istatistiksel olarak önemli farklılıklar oluşturduğu Çizelge 5.1'de

görülmektedir. Yapılan analizler sonucu artan potasyum silikat oranlarının gözlemlenen parametreleri istatistiki olarak iyileştirmediği, fakat olumlu etkilerde bulunduğu gözlenmiştir. Gözlemlenen olumlu tepkilerin artan azot oranlarına bir yanıt olduğu görülmektedir.

Çizelge 5.1. Uygulamaların gözlemlenen parametrelerde istatistiki fark oluşturma durumu

| Gözlemlenen Parametreler | İstatistiki Fark | Gözlemlenen Parametreler | İstatistiki Fark |
|-----------------------------|------------------|--------------------------|------------------|
| 2018 Kış Kalite | Önemli | 2018 Yaprak N İçeriği | Önemli |
| 2019 Kış Kalite | Önemli | 2019 Yaprak N İçeriği | Önemli |
| 2018 Kış Renk | Önemli | 2018 Yaprak P İçeriği | Önemli |
| 2019 Kış Renk | Önemli | 2019 Yaprak P İçeriği | Önemli |
| 2018 Çim Yoğunluğu | Önemli | 2018 Yaprak K İçeriği | Önemli |
| 2019 Çim Yoğunluğu | Önemli | 2019 Yaprak K İçeriği | Önemli |
| 2018 Kış NDVI | Önemli | 2018 Yaprak Si İçeriği | Önemli |
| 2019 Kış NDVI | Önemli | 2019 Yaprak Si İçeriği | Önemli |
| 2018 Bahar NDVI | Önemli | 2018 Yaprak Ca İçeriği | Önemsiz |
| 2019 Bahar NDVI | Önemli | 2019 Yaprak Ca İçeriği | Önemli |
| 2018 Kış Klorofil | Önemli | 2018 Yaprak Mg İçeriği | Önemsiz |
| 2019 Kış Klorofil | Önemli | 2019 Yaprak Mg İçeriği | Önemsiz |
| 2018 Bahar Klorofil | Önemli | 2018 Yaprak Fe İçeriği | Önemli |
| 2019 Bahar Klorofil | Önemli | 2019 Yaprak Fe İçeriği | Önemsiz |
| 2017 Aralık Dormansi Oranı | Önemli | 2018 Yaprak Cu İçeriği | Önemsiz |
| 2018 Ocak Dormansi Oranı | Önemli | 2019 Yaprak Cu İçeriği | Önemsiz |
| 2018 Şubat Dormansi Oranı | Önemli | 2018 Yaprak Zn İçeriği | Önemsiz |
| 2018 Aralık Dormansi Oranı | Önemli | 2019 Yaprak Zn İçeriği | Önemli |
| 2019 Ocak Dormansi Oranı | Önemli | 2018 Yaprak Mn İçeriği | Önemsiz |
| 2019 Şubat Dormansi Oranı | Önemli | 2019 Yaprak Mn İçeriği | Önemli |
| 2018 Mart Yeşillenme Oranı | Önemli | Kök Kuru Ağırlığı | Önemli |
| 2018 Nisan Yeşillenme Oranı | Önemli | Sürgün Kuru Ağırlığı | Önemsiz |
| 2018 Mayıs Yeşillenme Oranı | Önemsiz | | |
| 2019 Mart Yeşillenme Oranı | Önemli | | |
| 2019 Nisan Yeşillenme Oranı | Önemsiz | | |
| 2019 Mayıs Yeşillenme Oranı | Önemsiz | | |
| 2018 Çiçeklenme Yoğunluğu | Önemsiz | | |
| 2019 Çiçeklenme Yoğunluğu | Önemsiz | | |

Silikon uygulamasının bu çalışma kapsamında değerlendirilen parametrelerde önemli bir etki oluşturamamasının N ve Si konsantrasyonları arasındaki antagonistik etkiden olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca, Epstein (2009) silikonun stresleri hafifletme etkinliğinin bitki dokusunda birikimiyle alakalı olduğunu belirtmiştir. Birçok yazar topraktan silikon uygulamasının yaprak uygulamalarına göre bitki dokularında silikon içeriğini artırmada ve uyarıcı etki yaratmada daha başarılı olduğunu belirtmiştir (Matlou, 2006; Guével vd., 2007; Haynes, 2014; Wang vd., 2015). Ayrıca, bugüne kadar silikon gübrelmesiyle ilgili yapılan çalışmalar değerlendirildiğinde; silikon uygulamaları biyotik stresleri (mantar, böcek vb. kaynaklı hastalıklar) hafifletmek için kullanıldığında

daha etkili gibi görülmektedirler. Bu nedenle, yapraktan silikon uygulamalarının abiyotik stresleri hafifletme etkinliği sorgulanmaktadır. Ayrıca, Wang vd. (2015) son yıllarda piyasaya sürülen nano-silikon formlarının bitkilerin daha yüksek silikon absorbe etmesine olanak sağladığını belirtmiştir.

Çalışmadan elde edilen bulgular, sonbaharda yapılan azot uygulamalarının Japon çiminin dormansi süresini önemli ölçüde azalttığını göstermektedir. Potasyum silikat ise tek başına uygulandığında bu konuda istatistiki olarak önemli bir etki yaratmamıştır. Silikon uygulamalarının Japon çiminde genel çim performans verileri üzerinde etkisiz kalması uygulama oranlarının düşük olmasından ve/veya kullanılan silikon formunun uygun olmamasından kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca potasyum silikat uygulama sayısının 2'den 3'e çıkarılması bütün parametrelerde sonuçları istatistiki olarak önemli düzeyde etkilememiştir. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar, tek başına yapılan potasyum silikat uygulamalarının Antalya şartlarında Japon çiminin genel çim performansını artırmada istatiki olarak etkisi olmadığını göstermiştir. Fakat azot ile birlikte uygulandığında potasyum silikatın gözlenen parametreler üzerine (renk, klorofil, NDVI, dormansi, ilkbaharda yeşillenme vb.) olumlu etkileri olduğu anlaşılmıştır. Ancak yine de daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar ışığında, gelecek çalışmalarda Japon çiminde;

- farklı PS uygulama oranları,
- farklı uygulama yöntemleri (nano-silikon, topraktan uygulama),
- farklı uygulama zamanları ve sayıları,
- farklı silikon kaynakları kullanımının araştırılması tavsiye edilir.

Çünkü bitkilerin silikon uygulama yöntemlerine, kaynaklarına, zamanlarına ve oranlarına göre farklı etkiler yarattığı bilinmektedir. Sonuçta veriler bütüncül olarak değerlendirildiğinde; uygulamaların Japon çiminin uzun dormansi süresini kısaltabileceğine dair düşünceler belirmiştir. Bu sayede; soğuk, trafik, gölge, kuraklık, sıcaklık ve tuz toleransı oldukça iyi olan Japon çiminin peyzaj mimarlığı çalışmalarında daha yaygın kullanımına olanak sağlanacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Abro, S.A., Qureshi, R., Soomro, F.M., Ahmed, A.M., Jakhar, G.S. 2009. Effects of silicon levels on growth and yield of wheat in silty loam soil. Pakistan Journal of Botany 41(3):1385-1390.
- Adatia, M.H., Besford, R.T. 1986. The effects of silicon on cucumber plants grown inrecirculating nutrient solution. Annals of Botany, 58, 343-351.
- Ahmad, R., Zaheer, S., Ismail, S. 1992. Role of silicon in salt tolerance of wheat (*Triticum aestivum* L.). Plant Science, 85, 43-50.
- Ahmed, M., Hassen, F., Qadeer, U., Aslam, M.A. 2011. Silicon application and drought tolerance mechanism of sorghum. African Journal of Agricultural Research, 6, 594-607.
- Ahring, R.M., Taliaferro, C.M., Morrison, R.D. 1974. Seed production of several strains and hybrids of bermudagrass, *Cynodon dactylon* (L.) Pers. Crop Science, 14, 93-95.
- Aksoy, T. 2006. Silisyumun Bitki ve Toprakta Bulunuşu, Dağılımı ve İnsan Sağlığı İçin Önemi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 87s, Adana.
- Aktaş, M. 2004. Bitkilerde Beslenme Bozuklukları ve Tanınmaları. 3. Ulusal Gübre Kongresi: Tarım-Sanayi-Çevre, 11-13 Ekim, Ankara, 1121-1126.
- Al-aghabary, K., Zhu, Z., Shi, Q. 2004. Influence of silicon supply on chlorophyll content, chlorophyll fluorescence, and antioxidative enzyme activities in tomato plants under salt stress. Journal of Plant Nutrition, 27(12), 2101-2115.
- Aleshin, E.P., Aleshini N.E., Avakiani A.R. 1978. The effect of various nutrition and gibberillins on SiO₂ content in hulls of rice. Agrochemistry, 7, 64-68.
- Alexandre, A., Meunieri J.D., Colini F., Koudi, J.M. 1997. Plant impact on the biogeochemical cycle of silicon and related weathering processes. Geochimica et Cosmochimica Acta, 61(3), 677-682.
- Anonim, 2020a. Lawn and Landscape Grass. Erişim Tarihi: 23.04.2020. <https://www.bladerunnerfarms.com/bladerunner-farms-grass-varieties/jamur-zoysia/>
- Anonim, 2020b. Silisyum nedir? Nerelerde kullanılır? Erişim Tarihi: 23.04.2020. <https://www.enerjiportali.com/silisyum-nedir-nerelerde-kullanilir/>
- Ashraf, M., Afzal, M., Ahmed, R., Mujeeb, F., Sarwar, A., Ali, L. 2010. Alleviation of detrimental effects of NaCl by silicon nutrition in salt-sensitive and salt-

- tolerant genotypes of sugarcane (*Saccharum officinarum* L.). *Plant and Soil*, 326(1), 381-391.
- Ayres, A.S. 1966. Calcium silicate slag as a growth stimulant for sugar cane on low-silicon soils. *Soil Science*, 101, 216-227.
- Bae, E.J., Lee, K.S., Huh, M.R., Lim, C.S. 2012. Silicon significantly alleviates the growth inhibitory effects of NaCl in saltsensitive 'Perfection' and 'Midnight' Kentucky bluegrass (*Poa pratensis* L.). *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, 53, 477-483.
- Bakhat, H.F., Hanstein, S., Schubert, S. 2009. Optimal level of silicon for maize (*Zea mays* L. c.v. Amadeo) growth in nutrient solution under controlled conditions. *The Proceedings of the International Plant Nutrition Colloquium XVI*, California.
- Bakır, R. 2015. Asit Toprakta Silisyumun Yulaf Bitkisinin Fosfor Eslenmesi Üzerine Etkisi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 184s, Samsun.
- Balastra, M.L.F., Perez, C.M., Juliano, B.O., Villreal, P. 1989. Effects of silica level on some properties of *Oriza sativa* straw and hult. *Canadian Journal of Botany*, 67, 2356-2363.
- Baltensperger, A.A. 1962. Reduce dormancy of bermudagrass by soil heating. Report on Turfgrass Research [Arizona]. The University of Arizona, Tucson, 18-22.
- Barber, D.A., Shone, M.G.T. 1966. The absorption of silica from aqueous solutions by plants, *Journal of Experimental Botany*, 17(3), 569-578.
- Bartoli, F. 1983. The biogeochemical cycle of silicon in two temperate foresty ecosystems. *Environmental biogeochemistry, Ecology Bulletin*, 35, 469-476.
- Beard, J.B. 1973. *Turfgrass: science and culture*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Beard, J.B. 1982. An assessment of late season nutritional strategies on C-4 warm-season grasses. In Joyner, B.G. (Ed.), *Symposium on turfgrass fertility: advances in turfgrass fertility*. Piqua, OH: Hammer Graphics, 81-98.
- Beard, J.B. 2002. *Turf management for golf courses* (2nd ed.). Ann Arbor Press, Chelsea.
- Beard, J.B., Beard, H.J. 2005. *Beard's turfgrass encyclopedia*. Michigan State University, Press, East Lansing.

- Berzelius, J. 1824. Investigation of hydrofluoric acid and of its most noteworthy compounds. Proceedings of the Royal Science Academy, 12, 46-98.
- Bienert, G.P., Schüssler, M.D., Jahn, T.P. 2008. Metalloids: essential, beneficial or toxic? Major intrinsic proteins sort it out. Trends in Biochemical Sciences, 33(1), 20-26.
- Bigelow, C.A., Camberato, J.J., Patton, A.J. 2013. Fertilizing Established Cool-season Lawns: Maximizing Turf Health with Environmentally Responsible Programs. Purdue Extension. AY-22-W.
- Blecker, S.W., McCulley, R.L., Chadwick, O.A., Kelly, E.F. 2006. Biological cycling of silica across a grassland bioclimate sequence. Global Biogeochemical Cycles, 20, 1-11.
- Blumberg, J.G. 2001. MSDS, AgSil 25H Potassium Silicate. Manufacturer publication, PQ Corporation.
- Bockhaven, V.J., De Vleeschauwer, D., Höfte, M. 2013. Towards establishing broad-spectrum disease resistance in plants: silicon leads the way. Journal of Experimental Botany 64, 1281-1293.
- Bollard, E.G., Butler, G.W. 1966. Mineral nutrition of plants. Annual Review of Plant Physiology, 17, 77-112.
- Bouzoubaa, Z. 1991. Etude des rôles de la silice dans les mécanismes de tolérance à la sécheresse chez quelques espèces de grande culture. PhD thesis, Montpellier II University.
- Bowen, P., Menzies, J., Ehret, D., Samuels, L., Glass, A.D.M. 1992. Soluble silicon sprays inhibit powder mildew development on grape leaves. Journal of the American Society for Horticultural Science, 117(6), 906-912.
- Bradbury, M., Ahmad, R. 1990. The effect of silicon on the growth of *Prosopis juliflora* growing in saline soil. Plant and Soil, 125(1), 71-74.
- Brecht, M.O., Datnoff, L.E., Kucharek, T.A., Nagata, R.T. 2004. Influence of silicon and chlorothalonil on the suppression of gray leaf spot and increase plant growth in St. Augustine grass. Plant Disease, 88, 338-344.
- Brian, I., Bravdo, B., Bushkin-Harav, I., Rawitz, E. 1981. Water consumption and growth rate of 11 turfgrasses as affected by mowing height, irrigation frequency, and soil moisture. Agronomy Journal, 73, 85-90.
- Brown, K.W., Duple, R.L., Thomas, J.C. 1977. Influence of management and season on fate of N applied to golf greens. Agronomy Journal, 69, 667-671.

- Brown, K.W., Thomas, J.C., Dubble, R.L. 1982. Nitrogen source effect on nitrate and ammonium leaching and runoff losses from greens. *Agronomy Journal*, 74, 947-950.
- Bryson, G.M., Mills, H.A., Sasseville, D.N., Jones, J.B., Barker, A.V. 2014. *Plant analysis handbook III: a guide to sampling, preparation, analysis and interpretation for agronomic and horticultural crops*. Micro-Macro Publishing, Inc., Athens, GA.
- Buck, G.B., Korndörfer, G.H., Nolla, A., Coelho, Lísias, C. 2008. Potassium Silicate as Foliar Spray and Rice Blast Control. *Journal of Plant Nutrition*, 31(2), 231-237.
- Busey, P., Casler, M.D., Duncan, R.R. 2003. *Turfgrass Biology, Genetics and Breeding*. Wiley, 309-330, Hoboken, New Jersey, USA.
- Busey, P., Myers, B.J. 1979. Growth rates of turfgrasses propagated vegetatively. *Agronomy Journal*, 71, 817-821.
- Bybordi, A. 2012. Effect of ascorbic acid and silicium on photosynthesis, antioxidant enzyme activity, and fatty acid contents in canola exposure to saltstress. *Journal of Integrative Agriculture*, 11, 1610-1620.
- Cai, K., Gao, D., Luo, S., Zeng, R., Yang, J., Zhu, X. 2008. Physiological and cytological mechanisms of silicon-induced resistance in rice against blast disease. *Physiologia Plantarum*, 134(2), 24-333, 2008.
- Carey, J.C., Fulweiler, R.W. 2014. Silica uptake by *Spartina*-evidence of multiple modes of accumulation from salt marshes around the world. *Frontiers in Plant Science*, 5, 1-11.
- Carpita, N.C. 1996. Structure and biogenesis of the cell walls of grasses. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 47, 445-476.
- Carré-Missio, V., Rodrigues, F.A., Schurt, D.A., Pereira, S.C. Oliveira, M.G.A., Zambolim, L. 2009. Ineficiência do silício no controle da ferrugem do cafeeiro em solução nutritiva. *Tropica Plant Pathology*, 34, 416-421.
- Carrow, R.N. 1994. Potassium and Plant Stress in Turf, *Better Crops*, 78(3), 1-8.
- Carrow, R.N., Rieke, P.E. 1972. Phosphorus and potassium nutrition in turfgrass culture. *Proceeding of Michigan Turfgrass Conference*, 1, 100-105.
- Carrow, R.N., Waddington, D.V., Rieke, P.E. 2001. *Turfgrass soil fertility and chemical problems: Assessment and management*. Ann Arbor Press, Chelsea, England.
- Carver T.L., Zyen, R.J., Ahlstrand, G.G. 1987. The relationship between insoluble silicon and success or failure of attempted primary penetration by

- powdery mildew (*Erysiphe graminis*) germlings on barley. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 31, 133-148.
- Casey, W.H., Kinrade, S.D., Knight, C.T.G., Rains, D.W., Epstein, E. 2004. Aqueous silicate complexes in wheat, *Triticum aestivum* L.. *Plant, Cell & Environment*, 27(1), 51-54.
- Chai, Q., Shao, X., Zhang, J. 2010. Silicon effects on *Poa pratensis* responses to salinity. *The American Society for Horticultural Science* 45(12), 1876-1881.
- Chen, C.H., Lewin, J. 1969. Silicon as a nutrient element for *Equisetum arvense*. *Canadian Journal of Botany*, 7, 125-131.
- Chen, W., Yao, X., Cai, K., Chen, J. 2010. Silicon alleviates drought stress of rice plants by improving plant water status, photosynthesis and mineral nutrient absorption. *Biological Trace Element Research*, 142, 67-76.
- Cheong, Y.W.Y., Chan, P.Y. 1973. Incorporation of P32 in phosphate esters of the sugar cane plant and the effect of Si and Al on the distribution of these esters. *Plant Soil*, 38, 113-123.
- Chiba, Y., Mitani, N., Yamaji, N., Ma, J.F. 2009. HvLsi1 is a silicon influx transporter in barley. *The Plant Journal*, 57(5), 810-818.
- Christians, N.E., Engelke, M.C. 1994. Choosing the right grass to fit the environment. *Integrated pest management for turf and ornamentals*. Lewis, London, 99-113.
- Cloyd, R.A. 2009. Are silicon-based fertilizer applications “really” effective against insect pests? *FloriBytes*, 3, 1-9.
- Coors, J.G. 1987. Resistance to the European corn borer, *Ostrinia nubilalis* (Hubner), in maize, *Zea mays* L., as affected by soil silica, plant silica, structural carbohydrates, and lignin. Gabelman H.W., Laughman, B. (Ed.) *Genetic aspects of plant mineral nutrition* (445-456), Boston.
- Cornelis, J.T., Delvaux, B., Titeux, H. 2010. Contrasting silicon uptakes by coniferous trees: a hydroponic experiment on young seedlings. *Plant Soil*, 336, 99-106.
- Cotterill, J.V., Watkins, R.W., Brennon, C.B., Cowan, D.P. 2007. Boosting silica levels in wheat leaves reduces grazing by rabbits. *Pest Management Science*, 63, 247-253.
- Crusciol, C.A.C., Pulz, A.L., Lemos, L.B., Lima, G. 2009. Effects of silicon and drought stress on tuber yield and leaf biochemical characteristics in potato. *Crop Science*, 49, 949-954.

- Currie, H.A., Perry, C.C. 2007. Silica in plants: Biological, biochemical and chemical studies. *Annals of Botany*, 100, 1383-1389.
- Çelik, Y. 2016. Kavunda Tuz Stresi Koşullarında Silisyum Uygulamalarının Fide Gelişimi ve Bazı Besin Elementi İçeriklerine Etkileri. Selçuk Ünibersitesi Fen Bilkimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 54s, Konya.
- Çetinsoy, M.F., Yıldız Daşgan, H. 2016. Hıyar Yetiştiriciliğinde Selenyum ve Silisyum Yaprak Gübrelere Etkileri. *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi TARGİD, Özel Sayı*, 243-252.
- Dakora, F.D., Nelwamondo, A. 2003. Silicon nutrition promotes root growth and tissue mechanical strength in symbiotic cow pea. *Functional Plant Biology*, 30, 947-953.
- Datnoff, L.E. 2005. Silicon in the life and performance of turfgrass. *Applied Turfgrass Science*, Online.
- Datnoff L.E., Korndorfer, G.H., Deren, C.W. 1992. Influence of silicon fertilizer grades on blast and brown spot development and on rice yields. *Plant Disease*, 76, 1011-1013.
- Datnoff, L.E., Nagata, R.T. 1999. Influence of silicon on gray leaf spot development in St. Augustinegrass. *Phytopathology*, 89: 1-19.
- Datnoff, L.E., Rodrigues, F.A. 2005. The role of silicon in suppressing rice diseases. *APS net Feature Story*, 1-28.
- Datnoff, L.E., Rutherford, B.A. 2003. Accumulation of Silicon by Bermudagrass to Enhance Disease Suppression of Leaf Spot and Melting Out. *USGA Turfgrass and Environmental Research Online*, 2(18), 1-6.
- Datnoff, L.E., Snyder, G.H., Korndörfer, G.H. 2001. Silicon in agriculture. *Studies in plant science*. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands.
- Davy, H. 1808. Electro chemical researches, on the decomposition of the earths; with observations on the metals obtained from the alkaline earths, and on the amalgam procured from ammonia. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 98, 333-370.
- de Luca, A., Volterrani, M., Gaetani, M., Grossi, N., Croce, P., Mocioni, M., Lull, F. 2008. Warm season turfgrass adaptation in Europe north of the 45 parallel. In Crews, D., Lutz, R. (Ed.), *Science and golf V. Energy in Motion*, (496-501), Mesa, AZ.

- de Melo, S.P., Korndörfer, G.H., Korndörfer, C.M., Lana, R.M.Q., de Santana, D.G. 2003. Silicon accumulation and water deficit tolerance in *Brachiaria* grasses. *Scientia Agricola*, 60(4), 755-759.
- de Saussure, N.T. 1804. Recherches chimiques sur la végétation. Chez la veuve Nyon, Paris.
- de Francesco, J., Thompson, P., Parrott, W., Jenkins, J. 2002. Crop profile for ryegrass seed in Oregon. Erişim Tarihi: 28.03.2020 <https://ipmdata.ipmcenters.org/documents/cropprofiles/ORryegrass.pdf>.
- Deren, C.W. 2001. Plant genotype, silicon concentration, and silicon related responses. In Datnoff, L.E., Snyder, G.H., Korndorfer, G.H. (Ed.), *Silicon in agriculture*(149-158). *Studies in plant science*, Elsevier, Amsterdam.
- Deren, C.W., Datnoff, L.E., Snyder, G.H., Martin, F.G. 1994. Silicon concentration, disease response, and yield components of rice genotypes grown on flooded organic histosols. *Crop Science*, 34, 733-737.
- Duble, R.L. 1989. Seashore paspalum. In *Southern turfgrasses: Their management and use in Southern Zone* (86-89). Texas A&M University Press, College Station, TX.
- Dunn, J.H., Bughrara, S.S., Warmund, M.R., Fresenburg, B.F. 1999. Low temperature tolerance of Zoysiagrasses. *HortScience*, 34(1), 96-99.
- Dunn, J.H., Minner, D.D., Fresenburg, B.F., Bughrara, S.S. 1993. Fall fertilization of zoysiagrass. *International Turfgrass Society Research Journal*, 7, 565-571.
- Elawad, S.H., Green, V.E.Jr. 1979. Silicon and the rice plant environment: A review of recent research. II *Riso*, 28, 235-253.
- Elawad, S.H., Gascho, G.J., Street, J.J. 1982. Response of sugarcane to silicate source and rate. I. Growth and yield. *Agronomy Journal*, 74, 481-484.
- Emmons, R. 2000. *Turfgrass Science and Management Third Edition*, Delmarpublishers a division of international thomson publishing, Inc, USA.
- Eneji, A.E., Inanaga, S., Muranaka, S., Li, J., Hattori, T., An, P., Tsuji, W. 2008. Growth and nutrient use in four grasses under drought stress as mediated by silicon fertilizers. *Journal of Plant Nutrition*, 31, 355-365.
- Eneji, E., Inanaga, S., Muranaka, S., Li, J., An, P., Hattori, T., Tsuji, W. 2005. Effect of calcium silicate on growth and dry matter yield of *Chloris gayana* and *Sorghum sudanense* under two soil water regimes. *Grass and Forage Science*, 60, 393-398.

- Epstein, E. 1994. The anomaly of silicon in plant biology. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 91, 11-17.
- Epstein, E. 1999. Silicon. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, 50, 641-664.
- Epstein, E. 2001. Silicon in Plants: Facts vs Concepts, In Datnoff, L.E., Synder, G.H., Korndorfer, G.H. (Ed.), Silicon in Agriculture (1-15), Elsevier Science, Amsterdam.
- Epstein, E. 2002. Silicon in plant nutrition. Second silicon in agriculture conference, 22-26 August 2002, Tsuruoka, Japan, 1-5.
- Epstein, E. 2009. Silicon: its manifold roles in plants. Annals of Applied Biology, 155-160.
- Epstein, E., Bloom, A.J. 2005. Mineral nutrition of plants: principles and perspectives. Sinauer Associates, Sunderland, MA.
- Fauteux, F., Chain, F., Belzile, F.J., Menzies, J.G., Bélanger, R.R. 2006. The protective role of silicon in the Arabidopsis-powdery mildew pathosystem. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 103(46), 17554-17559.
- Forbes, I. 1952. Chromosome numbers and hybrids in *Zoysia*. Agronomy Journal, 44, 194-199.
- Forbes, I., Ferguson, M.H. 1948. Observations on the *Zoysia* grasses. Greenkeepers Report, 15, 7-9.
- Fox, R.L., Silva, J.A. 1978. Symptoms of plant malnutrition: Silicon, an agronomically essential nutrient for sugarcane. Illustrated Concepts in Tropical Agriculture, University of Hawaii, Honolulu, HI.
- Frantz, J.M., Locke, J.C. Datnoff, L. E., Omer, M., Widrig, A., Sturtz, D., Horst, L., Krause, C.R. 2008. Detection, distribution, and quantification of silicon in floricultural crops utilizing three distinct analytical methods. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 39, 2734-2751.
- Fraser, M.L., Rose-Fricker, C.A. 2007 Dark-green Varieties Continue to Dominate Turfgrass Breeding for Color. Turfgrass Trends, November, 48-50.
- French-Monar, R., Rodrigues, F.A., Korndöfer, G.H., Datnoff, L.E. 2010. Silicon suppresses *Phytophthora* blight development on bell pepper. Journal of Phytopathology, 158, 554-560.
- Fry, J.D., Kennelly, M., John, R.St. 2008. Zoysiagrass: Economic and environmental sense in the transition zone: Zoysiagrass fairways require

- fewer inputs, which add up to fewer dollars and better environmental management. *Golf Course Management*, 76, 127-132.
- Fu, Y.Q., Shen, H., Wu, D.M., Cai, K.Z. 2012. Silicon-mediated amelioration of Fe⁺² toxicity in rice (*Oryza sativa* L.) roots. *Pedosphere*, 22, 795-802.
- Gang, L., Jiashu, C. 2001. Effects of silicon on earliness and photosynthetic characteristics of melon. *Acta Horticulturae Sinica*, 28, 421-424.
- Gao, X.P., Zou, C.Q., Wang, L.J., Zhang, F.Z. 2004. Silicon improves water use efficiency in maize plants. *Journal of Plant Nutrition*, 27, 1457-1470.
- Gascho, G.J. 2001. Silicon sources for agriculture. In Datnoff, L.E., Snyder, G.H., Korndorfer, G.H. (Ed.), *Silicon in agriculture (197-207)*. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands.
- Gay-Lussac, J.L., Thenard, L.J. 1811. *Recherches Physico-Chimiques, Faites Sur La Pile; Sur La Préparation Chimique Et Les Propriétés Du Potassium Et Du Sodium; Sur La Décomposition De L'acide Boracique; Sur Les Acides Fluorique, Muriatique Et Muriatique Oxigéné; Sur L'action Chimique De La Lumière; Sur L'analyse Végétale Et Animale, Etc.*, Deterville, Paris, France.
- Gerami, M., Fallah, A., Khatami-Moghadam M.R. 2012. Study of potassium and sodium silicate on the morphological and chlorophyll content on the rice plant in pot experiment (*Oryza sativa* L.). *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 4(10), 658-661.
- Gérard, F., Mayer, K.U., Hodson, M.J. 2008. Modelling the biogeochemical cycle of silicon in soils: application to a temperate forest ecosystem. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 72, 304-304.
- Geren, H., Avcioğlu, R., Curaoğlu, M. 2009. Performances of some warm-season turfgrasses under Mediterranean conditions. *African Journal of Biotechnology*, 8, 4469-4474.
- Gibeault, V.A., Cockerham, S.T., Autio, R., Ries, S.B. 1997. The enhancement of *Zoysia* winter colour. *International Turfgrass Society Research Journal*, 8, 445-453.
- Gilbert, W.B., Davis, D.L. 1971. Influence of fertility ratios on winter hardiness of bermudagrass. *Agronomy Journal*, 63, 591-593.
- Gillman, J.H., Zlesak, D.C. 2000. Mist applications of sodium silicate to rose (*Rosa* L. × 'Nearly Wild') cuttings decrease leaflet drop and increase rooting. *Horticultural Science*, 117, 500-503.

- Goatley, J.M., Maddox, V.L., Lang, D.J., Crouse, K.K. 1994. 'Tifgreen' bermudagrass response to late-season application of nitrogen and potassium. *Agronomy Journal*, 86, 7-10.
- Goldsby, A.L., Keeley, S.J. 2009. Nitrogen source and timing effect on non-structural carbohydrate status of 'Midlawn' bermudagrass. *International Turfgrass Society Research Journal*, 11, 1001-1009.
- Gong, H., Zhu, X., Chen, K., Wang, S., Zhang, C. 2005. Silicon alleviates oxidative damage of wheat plants in pots under drought. *Plant Science*, 169(2), 313-321.
- Gong, H.J., Chen, K.M., Chen, G.C., Wang, S.M., Zhang, C.L. 2003. Effect of silicon on growth of wheat under drought. *Journal of Plant Nutrition*, 26(5), 1055-1063.
- Gong, H.J., Randall, D.P., Flowers, T.J. 2006. Silicon deposition in root reduces sodium uptake in rice (*Oryza sativa* L.) seedlings by reducing bypass flow. *Plant, Cell & Environment*, 29, 1970-1979.
- Gonzalo, M.J., Lucena, J.J., Hernández-Apaolaza, L. 2013. Effect of silicon addition on soybean (*Glycine max*) and cucumber (*Cucumis sativus*) plants grown under iron deficiency. *Plant Physiology and Biochemistry*, 70, 455-461.
- Google Earth, 2020. Google Earth. Erişim Tarihi: 10.04.2020. <https://www.google.com.tr/intl/tr/earth/>
- Goussain, M.M., Prado, E., Moraes, J.C. 2005. Effect of silicon applied to wheat plants on the biology and probing behaviour of the greenbug *Schizaphis graminum* (Rond.) (Hemiptera: Aphididae). *Neotropical Entomology*, 34, 807-813.
- Guével, M.H., Menzies, J.G., Bélanger, R.R. 2007. Effect of root and foliar applications of soluble silicon on powdery mildew control and growth of wheat plants. *European Journal of Plant Pathology*, 119, 429-436.
- Guntzer, F., Keller, C., Meunier, J.D. 2012. Benefits of plant silicon for crops: a review. *Agronomy for Sustainable Development*, 32, 201-213.
- Gussack, E., Petrovic, M., Rossi, F. 1998. Silicon: The universal contaminant. *Turfgrass Times*, 9, 9-11.
- Güneş, A., Ali, I., Bağcı, E.G., Pilbeam, D.J. 2007. Silicon-mediated changes of some physiological and enzymatic parameters symptomatic for oxidative stress in spinach and tomato grown in sodic-B toxic soil. *Plant Soil*, 290, 103-114.
- Güneş, A., Pilbeam, D.J., İnal, A., Çoban, S. 2008. Influence of silicon on sunflower cultivars under drought stress, I: growth, antioxidant mechanisms, and

lipid peroxidation. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 39, 1885-1903.

Hale, T. 2006. Zoysiagrass management trial. *TurfNews*. 30, 79-80.

Hall, A.D., Morison, C.G.T. 1906. On the function of silica in the nutrition of cereals. Part I. *Proceedings of the Royal Society*, 77, 455-477.

Halligan, J.E. 1912. *Soil Fertility and Fertilizers*. Forgotten Books, 5p, London, England.

Hamayun, M., Sohn, E.Y., Khan, S.A., Shinwari, Z.K. Khan, A.L. Lee, I.J. 2010. Silicon alleviates the adverse effects of salinity and drought stress on growth and endogenous plant growth hormones of soybean (*Glycine max* L.). *Pakistan Journal of Botany*, 42, 1713-1722.

Hamel, S.C. Heckman, J.R. 2000. Impact of mineral silicon products on powdery mildew in greenhouse grown turf. In Gould, A.B. (Ed.), *Rutgers Turfgrass Proceeding* (215-219). Center for Turfgrass Science, Rutgers University, New Brunswick, NJ.

Hammond, K.E., Evans, D.E., Hodson, M.J. 1995. Aluminium/silicon interactions in barley (*Hordeum vulgare* L.) seedlings. *Plant Soil*, 173, 89-95.

Harbers, L.H. Thouvenelle, M.L. 1980. Digestion of corn and sorghum silage observed by scanning electron microscopy. *Journal of Animal Science*, 50, 514-526.

Harbers, L.H., Raiten, D.J., Paulsen, G.M. 1981. The role of plant epidermal silica as a structural inhibitor of rumen microbial digestion in steers. *Nutrition Reports International*, 24, 1057-1066.

Hartley, S.E. 2015. Round and round in cycles? Silicon-based plant defences and vole population dynamics. *Functional Ecology*, 29, 151-153.

Hashemi, A., Abdolzadeh, A. Sadeghipour, H.R. 2010. Beneficial effects of silicon nutrition in alleviating salinity stress in hydroponically grown canola, *Brassica napus* L., plants. *Soil Science and Plant Nutrition*, 56(2), 244-253.

Hattori, T., Inanaga, S., Araki, H., An, P., Mortia, S., Luxova, M., Lux, A. 2005. Application of silicon enhanced drought tolerance in *Sorghum bicolor*. *Physiologia Plantarum*, 123, 459-466.

Hawes, D.T. 1979. *Zoysia*: For the transition zone. *USGA Green Section Records*, 17, 1-4.

Haynes, R.J. 2014. A contemporary overview of silicon availability in agricultural soils. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 177, 831-844.

- Haynes, R.J., Belyaeva, O.N., Kingston, G. 2013. Evaluation of industrial wastes as sources of fertilizer silicon using chemical extractions and plant uptake. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 176, 238-248.
- He, Y., Xiao, H., Wang, H., Chen, Y., Yu, M. 2009. Effect of silicon on chilling-induced changes of solutes, antioxidants, and membrane stability in seashore paspalum turfgrass. *Acta Physiologiae Plantarum*, 32, 487-494.
- Heath, M.C., Stumpf, M.A. 1986. Ultrastructural observation of penetration sites of the cowpea rust fungus in untreated and silicon-depleted French bean cells. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 27-39.
- Hemmi, T., Abe, T., Inoue, Y. 1941. Studies on the rice blast disease: Relation of the environment to the development of blast disease and races of the blast fungus. *Noji Kariyo Shiryo*, 157, 1-32.
- Henriet, C., Draye, X., Oppitz, I., Swennen, R., Delvaux, B. 2006. Effects, distribution and uptake of silicon in banana (*Musa spp.*) under controlled conditions. *Plant and Soil* 287, 359-374.
- Higgins, J. 1998. Zoyisagrass Lawn. The Alabama Cooperative Extension System (Alabama A&M University and Auburn University). September 1998, ANR-1129.
- Hodson, M.J., Evans, D.E. 1995. Aluminium/silicon interactions in higher plants. *Journal of Experimental Botany*, 46(2), 161-171.
- Hodson, M.J., Sangster, A.G. 1988. Observations on the distribution of mineral elements in the leaf of wheat (*Triticum aestivum* L.), with particular reference to silicon. *Annals of Botany*, 62, 463-471.
- Hodson, M.J., White, P.J., Mead, A., Broadley, M.R. 2005. Phylogenetic variation in the silicon composition of plants. *Annals of Botany*, 96, 1027-1046.
- Hogendorp, B.K., Cloyd, R.A., Swiader, J.M. 2012. Determination of silicon concentration in some horticultural plants. *HortScience*, 47,1593-1595.
- Horst, W.J., Fecht, M., Naumann, A., Wissemeyer, A.H., Maier, P. 1999. Physiology of manganese toxicity and tolerance in *Vigna unguiculata* (L.) Walp. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 162, 263-274.
- Horst, W.J., Marschner, H. 1978. Effect of silicon on manganese tolerance of bean plants (*Phaseolus vulgaris* L.). *Plant and Soil*, 50(1-3), 287-303.
- Horuz, A., Korkmaz, A. 2014. Çeltikte (*Oryza sativa* L.) Tuz Stresinin Azaltılmasında Silisyumlu Gübrelemenin Etkisi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 20, 215-229.

- Huang, C.H., Roberts, P.D., Datnoff, L.E. 2011. Silicon suppresses *Fusarium* crown and root rot of tomato. *Journal Phytopathology*, 159, 546-554.
- Hunt, J.W., Dean, A.P., Webster, R.E., Johnson, G.N., Ennos, A.R. 2008. A novel mechanism by which silica defends grasses against herbivory. *Annals of Botany*, 102, 653-656.
- Hurley, R.H., Yanagi, H., Yamada, T., Sasakura, M., Tomita, M. 1989. Winter overseeding cool season grasses on dormant zoysiagrass (*Zoysia spp.*) turfs in Japan. In Takatoh, H. (ed.), *Proceedings of the 6th International Turfgrass Research Conference*, Tokyo. 31 July -5 August, Japanese Society of Turfgrass Science, Tokyo, 431-436.
- Hwang, S.J., Park, H.M., Jeong, B.R. 2005. Effects of potassium silicate on the growth of miniature rose 'Pinocchio' grown on rockwool and its cut flower quality. *Japanese Society for Horticultural Science*, 74, 242-247.
- Ibrahim, H.I.M., Sallam, A.M., Shaban, K.A. Shaban. 2015. Impact of Irrigation Rates and Potassium Silicate Fertilizer on Seed Production and Quality of Fahl Egyptian Clover and Soil Properties under Saline Conditions. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences*, 15(7), 1245-1255.
- Iler, R.K. 1978. Hydrogen-bonded complexes of silica with organic compounds. In Bendz, G., Lindquist, J. (Ed.), *Biochemistry of silicon and related problems* (53-76). Plenum, New York.
- Ingri, N. 1978. Aqueous silicic acids, silicates and silicate complexes. In Bendz, G., Lindquist, J. (Ed.), *Biochemistry of silicon and related problems* (3-52). Plenum, New York.
- Irkörücü, D. 2018. Hibrit *Zoysia* (*Z. japonica* X *Z. pasifica*) Hatlarının Çim Performanslarının ve Yeşil Alanlara Uygunluğunun Belirlenmesi. Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 91s, Antalya.
- IRRI, 1993. Rice research in a time change: IRRI's Medium- Term Plan, 1994-1998. International Rice Research Institute, Los Banos, Philippines.
- Ishizuka, Y. 1971. Physiology of the rice plant. *Advances in Agronomy*, 23, 241-315.
- Ito, S., Hayashi, H. 1931. On the relation of silica supply to rice blast. *Journal of Sapporo Social and Agriculture Science*, 103, 460-461.
- Iwasaki, K., Maier, P., Fecht, M., Horst, W.J. 2002. Effects of silicon supply on apoplastic manganese concentrations in leaves and their relation to manganese tolerance in cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.]. *Plant Soil*, 238, 281-288.

- Jackson, M.L. 1962. Soil Chemical Analysis. Prentice Hall Inc. Englewoods Cliffs, N.I., USA.
- Janislampi, K.W. 2012. Effect of silicon on plant growth and drought tolerance. Utah State University, M.Sc. Thesis, 87p, Utah.
- Jarvis, S.C. 1987. The uptake and transport of silicon by perennial ryegrass and wheat. *Plant and Soil*, 97(3), 429-437.
- Jian, F.M., Tamai, K., Yamaji, N., Mitani, N. Konishi, S., Katsuhara, M., Ishiguro, M., Murata, Y., Yano, M. 2006. A silicon transporter in rice. *Nature*, 440, (7084), 688-691.
- Johnson, B.J., Carrow, R.N., Burns, R.E. 1987. Bermudagrass Turf Response to Mowing Practices and Fertilizer. *Agronomy Journal*, 79, 677-680.
- Jones, L.H.P., Handreck, K.A. 1967. Silica in soils, plants and animals. *Advances in Agronomy*, 19, 107-149.
- Kamenidou, S. 2002. Silicon supplementation affects greenhouse produced cut flowers. Oklahoma State University, MSc thesis, 104p, Stillwater, OK.
- Kamenidou, S., Cavins, T.J., Marek, S. 2008. Silicon supplements affect horticultural traits of greenhouse-produced ornamental sunflowers. *Horticultural Science*, 43, 236-239.
- Kamenidou, S., Cavins, T.J., Marek, S. 2009. Evaluation of Si as a supplement for greenhouse zinnia production. *Scientia Horticulturae*, 119, 297-301.
- Kamenidou, S., Cavins, T.J., Marek, S. 2010. Silicon supplements affect floricultural quality traits and elemental nutrient concentrations of greenhouse-produced gerbera. *Scientia Horticulturae*, 123, 390-394.
- Kanto, T. 2002. Research of silicate for improvement of plant defense against pathogens in Japan. In Matoh, T. (Ed.), *Second Silicon in Agriculture Conference*, Kyoto, Japan.
- Karagüzel, O. 2010. Çimler ve yer örtücüler dersi ders notları. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü (yayınlanmamış), Antalya.
- Karathanasis, A.D. 2002. Mineral equilibria in environmental soil systems. In Dixon, J.B., Weed, S.B. (Ed.), *Soil mineralogy with environmental application* (109-151). Soil Science of Society of America, Madison.
- Kaya, C., Tuna, L., Higgs, D. 2006. Effect of silicon on plant growth and mineral nutrition of maize grown under waterstress conditions. *Journal of Plant Nutrition*, 29(8), 1469-1480.

- Kenworthy, K.E., Engelke, M.C. 1999. Aerification and fertilization of zoysiagrass fairways In Agronomy abstracts. ASA, Madison, WI. p. 126.
- Ketchum, B.H. 1954. Mineral nutrition of phytoplankton. Annual Review of Plant Physiology, 5, 55-64.
- Kim, Y.H., Khan, A.L., Kim, D.H., Lee, S.W., Kim, K.M., Waqas, M., Jung, H.Y., Shin, J.H., Kim, J.G., Lee, I.J. 2014. Silicon mitigates heavy metal stress byregulating P-type heavy metal ATPases, *Oryza sativa* low silicon genes, andendogenous phytohormones. BMC Plant Biology, 14, 1-13.
- Kinrade, S., Hamilton, R.J., Schach, A.S., Knight, C.T.G. 2001. Aqueous hypervalent silicon complexes with aliphatic sugar acids. Journal of the Chemical Society, Dalton Transactions, 961-963.
- Kinrade, S.D., Gillson, A.M.E., Knight, C.T.G. 2002. Silicon-29 NMR evidence of a transient hexavalent silicon complex in the diatom *Navicula pelliculosa*. Journal of the Chemical Society, Dalton Transactions, 307-309.
- Knight, C.T.G., Kinrade, S.D. 2001. A primer on the aqueous chemistry of silicon. In Silicon in Agriculture, 8, Studies in Plant Science.
- Konaş, A. 2019. Silisyum - Azot İnteraksiyonunun Kıvırcık Marulda (*Lactuca sativa* var. *crispa*) Gelişim, Nitrat ve Nitrit Akümülyasyonuna Etkisi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 66s, Samsun.
- Korndörfer, G.H., Lepsch, I. 2001. Effect of silicon on plant growth and crop yield. In Datnoff, L.E., Snyder, G.H., Korndorfer, G.H. (Ed.), Silicon in agriculture (133-147). Elsevier, Amsterdam, The Netherlands.
- Korndörfer, G.H., Pereira, H.S. 2011. Silicon testing, silicon fertilizer manufacturing techniques and standards. In Proceedings of the 5th International Conference on Silicon in Agriculture, 13-18 September, Beijing, China, 89-98.
- Kovda, V.A. 1973. The bases of learning about soils. Nauka, 2, 377-428.
- Kudinova, L.I. 1974. The effect of silicon on weight of plant barley. Soviet Soil Science, 6, 39-41.
- Kurtz, K.W. 1985. *Zoysia* update. Proceedings of. 56th International Golf Course Conference, Washington, D.C., February 5-13, 50-57.
- Landschoot, P. 2017. Turfgrass Fertilization: A Basic Guide for Professional Turfgrass Managers. PennState Extension, UC184, 1-21.

- Law, Q.D., Bigelow, C.A., Patton, A.J. 2016. Selecting turfgrasses and mowing practices that reduce mowing requirements. *Crop Science*, 56, 3318-3327.
- Lee, S.K., Sohn, E.Y., Hamayun, M., Yoon, J.Y. Lee, I.J. 2010. Effect of silicon on growth and salinity stress of soybean plant grown under hydroponic system. *Agroforestry Systems*, 80, 333-340.
- Lewin, J., Reimann, B.E.F. 1969. Silicon and plant growth. *Annual Review of Plant Physiology*, 20, 289-304.
- Li, Y.C., Bi, Y., Ge, Y.H., Sun, X.J., Wang, Y. 2009. Antifungal activity of sodiumsilicate on *Fusarium sulphureum* and its effect on dry rot of potato tubers. *Journal of Food Science*, 7, 1334-1339.
- Li, Y.C., Summer, M.E., Miller, W.P., Alva, A.K. 1996. Mechanism of silicon induced alleviation of aluminum phytotoxicity. *Journal of Plant Nutrition* 19, 1075-1087.
- Li, M., Xiong, Z., Dai, L., Huang, Y. 2007. Effects of copper on nitrogen assimilation in copper-tolerant and non-tolerant populations of *Elsholtzia haichowensis* S. *Water Air Soil Pollution*, 184, 323-333.
- Liang, Y. 1999. Effects of silicon on enzyme activity and sodium, potassium and calcium concentration in barley under salt stress. *Plant and Soil*, 209(2), 217-224.
- Liang, Y.C., Zhang, W., Chen, Q., Liu, Y., Ding, R. 2006. Effect of exogenous silicon(Si) on H⁺-ATPase activity, phospholipids and fluidity of plasma membrane in leaves of salt-stressed barley (*Hordeum vulgare* L.). *Environmental and Experimental Botany*, 57, 212-219.
- Liang, Y., Sheng, Q., Shen, Z., Ma, T. 1996. Effects of Silicon on Salinity Tolerance of Two Barley Cultivars. *Journal of Plant Nutrition*, 19, 173-183.
- Liang, Y.C., Chen, Q., Liu, Q., Zhang, W.H., Ding, R.X. 2003. Exogenous silicon (Si) increases antioxidant enzyme activity and reduces lipid peroxidation in roots of salt-stressed barley (*Hordeum vulgare* L.). *Journal of Plant Physiology*, 160, 1157-1164.
- Liang, Y.C., Sun, W.C., Zhu, Y.G., Christie, P. 2007. Mechanisms of silicon-mediated alleviation of abiotic stresses in higher plants: a review. *Environmental Pollution*, 147, 422-428.
- Lindsay, W.L. 1979. *Chemical equilibria in soils*. 51-54, John Wiley & Sons, New York.
- Linjuan, Z., Junping, J., Lijun, W., Min, L., Fusuo, Z. 1999. Effects of silicon on the seedling growth of creeping bentgrass and zoysiagrass. In Datnoff, L. E.,

Snyder, G.H., Korndorfer, G.H. (Ed.), *Silicon in Agriculture* (1-381). Elsevier Science. Amsterdam, The Netherlands.

- Longer, D.E. 1999. Low input overseeding of warm season lawns to enhance winter color. In 1999 Agronomy abstracts. ASA, Madison, WI. p. 123.
- Lucas, Y., Luizão, F.J., Chauvel, A., Rouiller, J., Nahon, D. 1993. The relation between biological activity of the rain forest and mineral composition of soils. *Science*, 260, 521-523.
- Lux, A., Luxova, M., Abe, J., Tanimoto, E., Hattori, T., Inanaga, S. 2003. The dynamics of silicon deposition in the sorghum root endodermis. *New Phytologist*, 158(3), 437-441.
- Lux, A., Luxova, M., Hattori, T., Inanaga, S., Sugimoto, Y. 2002. Silicification in sorghum (*Sorghum bicolor*) cultivars with different drought tolerance. *Physiologia Plantarum* 115, 87-92.
- Lux, A., Luxová, M., Morita, S., Abe, J., Inanaga, S. 1999. Endodermal silicification in developing seminal roots of lowland and upland cultivars of rice (*Oryza sativa* L.). *Canadian Journal of Botany*, 77, 955-960.
- Ma, C.C., Li, Q.F., Gao, Y.B., Xin, T.R. 2004. Effects of silicon application on drought resistance of cucumber plants. *Soil Science and Plant Nutrition*, 50, 623-632.
- Ma J.F., Goto, S., Tamai, K., Ichii, M. 2001. Role of root hairs and lateral roots in silicon uptake by rice. *Plant Physiology*, 127, 1773-1780.
- Ma J.F., Yamaji, N., Mitani, N., Tamai, K., Konishi, S., Fujiwara, T., Katsuhara, M., Yano, M. 2007. An efflux transporter of silicon in rice. *Nature*. 448, 209-212.
- Ma, J. Nishimra, K. Takahashi, E. 1989. Effect of silicon on the growth of rice plant at different growth stages. *Soil Science and Plant Nutrition*, 35, 347-356.
- Ma, J.F., Yamaji, N., Mitani, N., Xu, X.X., Su, Y.H., McGrath, S.P., Zhao, F.J. 2008. Transporters of arsenite in rice and their role in arsenic accumulation in rice grain. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105, 9931-9935.
- Ma, J.F. 2003. Function of silicon in higher plants. *Progress in Molecular Subcellular Biology*, 33, 127-147.
- Ma, J.F. 2005. Plant root responses to three abundant soil minerals: silicon, aluminum and iron. *Critical Reviews Plant Science*, 24, 267-281.

- Ma, J.F., Yamaji, N. 2006. Silicon uptake and accumulation in higher plants. *Trends in Plant Science*, 11, 392-397.
- Ma, J.F., 2004. Role of silicon in enhancing the resistance of plants to biotic and abiotic stresses. *Soil Science and Plant Nutrition*, 50, 11-18.
- Ma, J.F., Miyake, Y., Takahashi, E. 2001. Silicons as a beneficial element for crop plants. In Datonoff, L., Korndorfer, G., Synder, G. (Ed.), *Silicon in Agriculture* (17-39). Elsevier Science, New York.
- Ma, J.F., Takahashi, E. 1990. Effect of silicon on the growth and phosphorus uptake of rice. *Plant Soil*, 126, 115-119.
- Ma, J.F., Takahashi, E. 1993. Interaction between calcium and silicon in water-cultured rice plants. *Plant Soil*, 148, 107-113.
- Ma, J.F., Takahashi, E. 2002. *Soil, Fertilizer and Plant Silicon Research in Japan*. Elsevier Science, 294p, Dordrecht, The Netherlands.
- Ma, J.F., Tamai, K., Ichii, M., Wu, G.F. 2002. A rice mutant defective in Si uptake. *Plant Physiology*, 130, 2111-2117.
- Ma, J.F., Yamaji, N. 2008. Functions and transport of silicon in plants. *Cellular and Molecular Life Sciences*, 65, 3049-3057.
- Magni, S., Pompeiano, A., Gaetani, M., Caturegli, L., Grossi, N., Minelli, A., Volterrani, M. 2017. Zoysiagrass (*Zoysia spp.* Willd.) for European Lawns: a Review. *Italian Journal of Agronomy*. 12(4), 395-402.
- Makabe, S., Kakuda, K., Sasaki, Y., Ando, T., Fujii, H., Ando, H. 2009. Relationship between mineral composition or soil texture and available silicon in alluvial paddy soils on the Shounai Plain, Japan. *Soil Science and Plant Nutrition* 55, 300-308.
- Maksimovic, J.D., Bogdanovic, J., Maksimovic, V., Nikolic, M. 2007. Silicon modulates the metabolism and utilization of phenolic compounds in cucumber (*Cucumis sativus* L.) grown at excess manganese. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 170, 739-744.
- Maksimovic, J.D., Mojovic, M., Maksimovic, V., Römheld, V., Nikolic, M. 2012. Silicon ameliorates manganese toxicity in cucumber by decreasing hydroxyl radical accumulation in the leaf apoplast. *Journal of Experimental Botany*, 63, 2411-2420.
- Mali M., Aery, N.C. 2008a. Influence of silicon on growth, relative water contents and uptake of silicon, calcium and potassium in wheat grown in nutrient solution. *Journal of Plant Nutrition* 31, 1867-1876.

- Mali, M., Aery, N.C. 2008b. Silicon effects on nodule growth, dry-matter production, and mineral nutrition of cowpea (*Vigna unguiculata*). *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 171, 835-840.
- Marschner, H. 1995. Beneficial mineral elements. In: *Mineral nutrition of higher plants*. Academic press, p. 405, San Diego, CA.
- Marxen A., Klotzbücher, T., Jahn, R., Kaiser, K., Nguyen, V.S., Schmidt, A., Schädler, M., Vetterlein, D. 2016. Interaction between silicon cycling and straw decomposition in a silicon deficient rice production system. *Plant and Soil*. 398, 153-163.
- Massey, F.P., Hartley, S.E. 2006. Experimental demonstration of the antiherbivore effects of silica in grasses: impacts on foliage digestibility and vole growth rates. *Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences*, 273, 2299-2304.
- Massey, F.P., Hartley, S.E. 2009. Physical defences wear you down: progressive and irreversible impacts of silica on insect herbivores. *Journal of Animal Ecology*, 78, 281-291.
- Matichenkov, V.V. 1990. Amorphous oxide of silicon in soddy podzolic soil and its influence on plants. *Canada Moscow State University, Moscow*.
- Matichenkov, V.V., Bocharnikova, E.A., Calvert, D.V., Snyder, G.H. 2000. Comparison study of soil silicon status in sandy soils of south Florida. *Soil and Crop Science Society of Florida Proceedings*, 59, 132-137.
- Matichenkov, V.V., Calvert, D.V., Snyder, G.H. 1999. Silicon fertilizers for citrus in Florida. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*, 112, 5-8.
- Matichenkov, V.V., Snyder, G.S. 1996. Mobile silicon-bound compounds in some soils of Southern Florida. *Eurasian Soil Science*, 12, 1165-1173.
- Matlou, M.G. 2006. A comparison of soil and foliar applied silicon on nutrient availability and plant growth and soil-applied silicon on phosphorus availability. *University of KwaZulu- Natal, MSc Thesis*, 109p, South Africa.
- Matoh, T., Kairusmee, P., Takahashi, E. 1986. Salt-induced damage to rice plants and alleviation effect of silicate. *Soil Science and Plant Nutrition*, 32(2), 295-304.
- Mattson, N.S., Leatherwood, W.R. 2010. Potassium silicate drenches increase leafsilicon content and affect morphological traits of several floriculture crops grown in a peat-based substrate. *Horticultural Science*, 45, 43-47.
- Mauad, M., Crusciol, C.A.C., Grassi Filho, H., Correa, J.C. 2003. Nitrogen and silicon fertilization of upland rice. *Scientia Agricola*, 60, 761-765.

- Maxim L.D., Niebo, R., La Rosa, S., Johnston, B., Allison, K., Mc Connell, E.E. 2008. Product stewardship in wollastonite production. *Inhalation Toxicology*, 20, 1199-1214.
- McCarty, L.B., Miller, G. 2002. *Managing bermudagrass turf*. Chelsea, MI: Ann Arbor Press.
- McCarty, L.B. 2001. *Best golf course management practices*. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.
- McKeague J.A., Cline, M.G. 1963. Silica in soil solutions. I. The form and concentration of dissolved silica in aqueous extracts of some soils. *Canadian Journal of Soil Science*, 43, 70-82.
- Mditshwa, A., Bower, J.P., Bertling, I., Mathaba, N. 2013. Investigation of the efficiency of the total antioxidants assays in silicon-treated lemon fruit (*Citrus limon*). *Acta Horticulturae*, 1007, 93-102.
- Mecfel, J., Hinke, S., Goedel, W.A., Marx, G., Fehlhaber, R., Baeucker, E., Wienhaus, O. 2007. Effect of silicon fertilizers on silicon accumulation in wheat. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 170, 769-772.
- Meena, V.D., Dotaniya, M.L., Rajendiran, S., Coumar, M.V., Kundu, S., Rao, A.S. 2014. A case for silicon fertilization to improve crop yields in tropical soils. *Proceedings of the National Academy of Sciences, India Sec B: Biological Sciences*, 84(3), 505-518.
- Meentemeyer, B., Whitlark, B. 2016. Turfgrass Fertilization. *Green Section Record*, 54(9), 1-7.
- Mehrabanjoubani, P., Abdolzadeh, A., Sadeghipour, H.R., Aghdasi, M. 2015. Silicon affects transcellular and apoplastic uptake of some nutrients in plants. *Pedosphere*, 25, 192-201.
- Menzies, J., Bowen, P., Ehret, D., Glass, A.D.M. 1992. Foliar applications of potassium silicate reduce severity of powdery mildew on cucumber, muskmelon, and zucchini squash. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 117(6), 902-905.
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2020. İllere Ait Mevsim Normalleri. Erişim Tarihi: 07.05.2020. <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=undefined&m=ANTALYA>.
- Meunier J.D., Guntzer, F., Kirman, S., Keller, C. 2008. Terrestrial plant-Si and environmental changes. *Mineralogical Magazine*, 72, 263-267.
- Meunier, J.D. 2003. Le rôle des plantes dans le transfert du silicium à la surface des continents. *Comptes Rendus Geoscience*, 335, 1199-1206.

- Meyer, J.H., Keeping, M.G. 2001. Past, present and future research of the role of silicon for sugarcane in southern Africa. In Datnoff, L.E., Snyder, G.H., Korndorfer, G.H. (Ed.), *Silicon in agriculture* (257-275). Elsevier, Amsterdam, The Netherlands.
- Milnes, A.R., Twidale, C.R. 1983. An overview of silicification in Cainozoic landscapes of arid central and southern Australia. *Australian Journal of Soil Research*, 21, 387-410.
- Mitani, N., Ma, J.F. 2005. Uptake system of silicon in different plant species. *Journal of Experimental Botany*, 56, 1255-1261.
- Miyake, Y., Takahashi, E. 1983. Effect of silicon on the growth of solution-cultured cucumber plant. *Soil Science and Plant Nutrition*, 29, 71-83.
- Monger, H.C., Kelly, E.F. 2002. Silica minerals. In: *Soil Mineralogy With Environmental Applications*. Soil Science Society of America, Madison, USA, 611-636.
- Montpetit, J., Vivancos, J., Mitani-Ueno, N., Yamaji, N., Rémus-Borel, W., Belzile, F., Ma, J.F., Bélanger, R.R. 2012. Cloning, functional characterization and heterologous expression of TaLsi1, a wheat silicon transporter gene. *Plant Molecular Biology*, 79, 35-46.
- Moussa, H.R. 2006. Influence of exogenous application of silicon on physiological response of salt-stressed maize (*Zea mays* L.). *International Journal of Agriculture and Biology*, 8(2), 293-297.
- Mukkram, A.T., Tariq Rahmatullah, A., Ashraf, M., Shamsa, K., Maqsood, M.A. 2006. Beneficial effects of silicon in wheat (*Triticum aestivum* L.) under salinity stress. *Pakistan Journal of Botany*, 38(5), 1715-1722.
- Munshaw, G.C., Ervin, E.H., Parrish, D., Shang, C., Askew, S.D., Zhang, X., Lemus, R.W. 2006. Influence of late-season iron, nitrogen, and seaweed extract on fall color retention and cold tolerance of four bermudagrass cultivars. *Crop Science*, 46, 273-283.
- Murillo-Amador, B., Yamada, S., Yamaguchi, T., Rueda-Puente, E., Avila-Serrano, N., Garcia-Hernandez, J.L., Lopez-Aguilar, R., Troyo-Dieguez, E., Nieto-Garibay, A. 2007. Influence of calcium silicate on growth, physiological parameters and mineral nutrition in two legume species under salt stress. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 193, 413-421.
- Murray, J.J., Morris, K. 1988. Establishing and maintaining zoysiagrass. *Grounds Maintenance*, 23, 38-42.

- Nanayakkara, U.N., Uddin, W., Datnoff, L.E. 2008. Effects of soil type, source of silicon, and rate of silicon source on development of gray leaf spot of perennial ryegrass turf. *Plant Disease*, 92, 870-877.
- Nayar, P.K., Mishra, A.K., Patnik, S. 1982. Evaluation of silica supplying power of soils for growing rice. *Plant Soil*, 47, 487-494.
- NCSU. 1997. North Carolina State University. Effect of soluble silica on brown patch and dollar spot of creeping bentgrass. *North Carolina Turfgrass* Aug/Sept, 34-36.
- Neumann, D., zur Nieden, U. 2001. Silicon and heavy metal tolerance of higher plants. *Phytochemistry*, 56, 685-692.
- Nikolic, M., Nikolic, N., Liang, Y., Kirkby, E.A., Römheld, V. 2007. Germanium-68 as an adequate tracer for silicon transport in plants. Characterization of silicon uptake in different crop species. *Plant Physiology*, 143(1), 495-503.
- NTEP, 2020. NTEP Turfgrass Evaluation Guidelines. Erişim Tarihi: 20.04.2020. <https://www.ntep.org/pdf/ratings.pdf>
- Oh, J.S., Lee, Y.J., Lee, S.K. 2015. Late Fall Nitrogen Application and Turf Cover for Zoysiagrass (*Zoysia japonica*) Spring Green-up. *Weed & Turf Science*, 4(4), 383-389.
- Orlov, D.S. 1985. *Humus Acids of Soils*, Amerind Publication Copmany, 378p, Washington.
- Padmaja, P., Verghese, E.J. 1972. Effect of Ca, Mg, and Si on the uptake of plant nutrients and availability of straw and grain of paddy. *Agricultural Research Journal of Kerala*, 10, 100-105.
- Palmertree, H.D., Ward, C.Y., Pluenneke, R.H. 1974. Influence of mineral nutrition on the cold tolerance and soluble protein fraction of centipedegrass. In Roberts, E.C. (Ed.), *Proceedings of 2nd International Turfgrass Research Conference*, Madison, WI, 500-507.
- Park, C.S. 2001. Past and future advances in silicon research in the Republic of Korea. In Datnoff, L.E., Snyder, G.H., Korndorfer, G.H. (Ed.), *Silicon in Agriculture* (351-371). Elsevier, Amsterdam, The Netherlands.
- Patton, A.J. 2009. Selecting zoysiagrass cultivars: Turfgrass quality, growth, pest and environmental stress tolerance. *Applied Turfgrass Science*, 6(1), 1-18.
- Patton, A.J., Reicher, Z.J. 2007. Zoysiagrass species and genotypes differ in their winter injury and freeze tolerance. *Crop Science*, 47, 1619-1627.

- Patton, A.J., Reicher, Z.J., Zuk, A.J., Fry, J.D., Richardson, M.D., Williams, D.W. 2006. A guide to establishing seeded zoysiagrass in the transition zone. Applied Turfgrass Science. Erişim Tarihi: 04.04.2020. <https://www.agry.purdue.edu/turfnew/pubs/zoysiaguide.pdf>
- Patton, A.J., Schwartz, B.M., Kenworthy, K.E. 2017. Zoysiagrass (*Zoysia spp.*) history, utilization, and improvement in the United States: a review. *Crop Science*, 57, 1-12.
- Patton, A.J., Trappe, J.M., Pompeiano, A. 2010. Zoysiagrass growth as influenced by nitrogen source in a greenhouse trial. In Karcher, D.E., Patton, A.J., Richardson, M.D. (Ed.), *Arkansas Turfgrass Report 2009*. Arkansas Agricultural Experiment Station Research Series. Fayetteville, Arkansas: Arkansas Agricultural Experiment Station, University of Arkansas Division of Agriculture, 579, 74-76.
- Pavlovic, J., Samardzic, J., Maksimovic, V., Timotijevic, G., Stevic, N., Laursen, K.H., Hansen, T.H., Husted, S., Schjoerring, J.K., Liang, Y., Nikolic, M. 2013. Silicon alleviates iron deficiency in cucumber by promoting mobilization of iron in the root apoplast. *New Phytologist*, 198, 1096-1107.
- Pennington, J.A.T. 1991. Silicon in food and diets. *Food Additives and Contaminants*, 8, 97-118.
- Pereira, H.S., Korndörfer, G.H., Vidali, A.A., Camargo, M.S. 2004. Silicon sources for rice crop. *Scientia Agricola*, 61, 522-528.
- Petrovic, A.M. 2004. Nitrogen source and timing impact on nitrate leaching from turf. *Acta Horticulturae*, 661, 427-432.
- Pilon-Smits, E. A., Quinn, C.F., Tapken, W., Malagoli, M., Schiavon, M. 2009. Physiological functions of beneficial elements. *Current Opinion in Plant Biology*, 12, 267-274.
- Pompeiano, A., Caturegli, L., Grossi, N., Volterrani, M, Guglielminetti, L. 2015. Carbohydrate Metabolism during wintering period in zoysiagrass genotypes. *Plant Production Science*, 18, 43-51.
- Pompeiano, A., Grossi, N., Guglielminetti, L., Volterrani, M. 2014. Winter color retention and spring green-up of zoysiagrass genotypes in southern Europe. *European Journal of Horticultural Science*, 79, 158-66.
- Powell, J.J., Mc Naughton, S.A., Jugdaohsingh, R., Anderson, S.H.C., Dear, J., Khot, F., Mowatt, L., Gleason, K.L., Sykes, M., Thompson, R.P.H., Bolton-Smith, C., Hodson, M.J. 2005. A provisional database for the silicon content of foods in the United Kingdom. *British Journal of Nutrition*, 94, 804-812.

- Pulz, A.L., Crusciol, C.A.C., Lemos, L.B. Soratto, R.P. 2008. Silicate and limestone effects on potato nutrition, yield and quality under drought stress. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 32, 1651-1659.
- Rafi, M.M., Epstein, E. 1999. Silicon absorption by wheat (*Triticum aestivum* L.). *Plant Soil*, 211, 223-230.
- Rafi, M.M., Epstein, E., 1997. Silicon deprivation causes physical abnormalities in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Plant Physiology*, 151, 497-501.
- Raven, J.A. 2001. Silicon transport at the cell and tissue level. In Datnoff, L.E., Snyder, G.H., Korndorfer, G.H. (Ed.), *Silicon in agriculture* (41-55). Elsevier, Amsterdam, The Netherlands.
- Razmjoo, K., Kaneko, S. 1993. Effect of fertility ratios on growth and turf quality of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) in winter. *Journal of Plant Nutrition*, 16(8), 1531-1538.
- Razmjoo, K., Takayuki, I., Seiji, K. 1996. Overseeding manilagrass [*Zoysia matrella* (L.) Merr.] with cool-season turfgrasses. *Journal of Turfgrass Management*, 1, 43-52.
- Reeves, S.A., McBee, G.C. Jr, Bloodworth, M.E. 1970. Effect of N, P, and K tissue levels and late fall fertilization on the cold hardiness of Tifgreen bermudagrass (*Cynodon dactylon* x *transvalensis*). *Agronomy Journal*, 62, 659-662.
- Reinert, J.A., Engelke, M.C. 2001. Resistance in zoysiagrass (*Zoysia spp.*) to the tropical sod webworm (*Herpetogramma phaeopteralis*). *International Turfgrass Society Research Journal*, 9, 798-801.
- Rémus-Borel, W., Menzies, J.G., Bélanger, R.R. 2005. Silicon induces antifungal compounds in powdery mildew-infected wheat. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 66(3), 108-115.
- Richardson, M.D. 2002. Turf quality and freezing tolerance of 'Tifway' bermudagrass as affected by late-season nitrogen and trinexapacetyl. *Crop Science*, 42, 1621-1626.
- Richardson, M.D., Boyd, J.W. 2001. Establishing *Zoysia japonica* from sprigs: effects of topdressing and nitrogen fertility. *HortScience* 36, 377-379.
- Richardson, M.D., Boyd, J.W., Mc Calla, J.H. 2003. A Net-planting Technique for Establishing Zoysiagrass from Sprigs. *HortTechnology*, 13(1), 74-76.
- Richmond, K.E., Sussman, M. 2003. Got silicon? The non-essential beneficial plant nutrient. *Current Opinion in Plant Biology*, 6, 268-272.

- Richter, M. 2001. Silicium verbessert Haltbarkeit bei *Gerbera* (Silicon improves storage of *Gerbera*). Das Magazin für Zierpflanzenbau, 22, 42-44.
- Riffell, S.K., Engelke, M.C., Morton, S.J. 1995. Performance of three warm-season turfgrasses cultured in shade: Zoysiagrass. TURF, 95(11), 60-65.
- Rimi, F., Macolino, S., Richardson, M.D., Karcher, D.E., Leinauer, B. 2013. Influence of three nitrogen fertilization schedules on bermudagrass and seashore paspalum: I. Spring green-up and fall color retention. Crop Science, 53, 1161-1167.
- Rizwan, M., Meunier, J., Miche, H., Keller, C. 2012. Effect of silicon on reducing cadmium toxicity in durum wheat (*Triticum turgidum* L. cv. Claudio W.) grown in a soil with aged contamination. Journal of Hazardous Materials, 209-210, 326-334.
- Roberts, J.M. 1986. Influence of protective covers on reducing winter desiccation on turf. Agronomy Journal, 78, 145-147.
- Rodgers-Gray, B.S., Shaw, M.W. 2004. Effects of straw and silicon soil amendments on some foliar and stem-base diseases in pot-grown winter wheat. Plant Pathology 53, 733-740.
- Rodrigues, F.A., Dallagnol, L.J., Duarte, H.S.S., Datnoff, L.E. 2015. Silicon control of foliar diseases in monocots and dicots. In Rodrigues, F.A., Datnoff, L.E. (Ed.), Silicon and Plant Disease (67-108). Springer International Publishing, Switzerland.
- Rodriguez, I.R., Miller, G.L., McCarty, L.B. 2001. Bermudagrass establishment on high sand-content soils using various N-P-K ratios. HortScience, 37(1), 208-209.
- Romero-Aranda, M.R., Jurado, O., Cuartero, J. 2006. Silicon alleviates the deleterious salt effect on tomato plant growth by improving plant water status. Journal of Plant Physiology, 163, 847-855.
- Romero-Aranda, R., Soria, T., Cuartero, J. 2001. Tomato plantwater uptake and plant-water relationships under saline growth conditions. Plant Science, 160(2), 265-272.
- Rondeau, E. 2001. Effect of potassium silicates on disease tolerance of bentgrass. Seminaire de fin d'études, Centre de Recherche en Horticulture, Université Laval, Québec, Canada.
- Round, F.E., Crawford, R.M., Mann, D.G. 1990. The diatoms: biology and morphology of the genera. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom.

- Sachs, J. 1862. Ergebnisse einiger neuerer Untersuchungen über die in Pflanzen enthaltene Kieselsäure. *Flora*, 4, 53-55.
- Sahebi, M., Hanafi, M.M., Siti Nor Akmar, A., Rafiii M.Y., Azizii P., Tengouai F.F., Nurul Mayzaitul Azwa, J., Shabanimofrad, M. 2015. Importance of silicon and mechanisms of biosilica formation in plants. *BioMed Research International*, 2015, 1-16.
- Saigusa, M., Onozawa, K., Watanabe, H., Shibuya, K. 2000. Effects of porous hydrate calcium silicate on the wear resistance, insect resistance, and disease tolerance of turf grass "Miyako". *Grassland Science*, 45, 416-420.
- Sakurai, G., Satake, A., Yamaji, N., Mitani-Ueno, N., Yokozawa, M., Feugier, F.G., Ma, J.F. 2015. In silico simulation modeling reveals the importance of the Casparian strip for efficient silicon uptake in rice roots. *Plant and Cell Physiology*, 56, 631-639.
- Samudio, S.H. 1996. Whatever became of the improved seeded zoysia varieties? *Golf Course Management*, 64, 57-60.
- Saqib, M., Zorb, C., Schubert, S. 2008. Silicon-mediated improvement in the salt resistance of wheat (*Triticum aestivum*) results from increased sodium exclusion and resistance to oxidative stress. *Functional Plant Biology*, 35, 633-639.
- Sartain, J.B., Miller, G.L., Snyder, G.H. Cisar, J.L., Unruh, J.B. 1999. Fertilization programs and plant nutrition. In Unruh, J.B., Elliott, M.C. (Ed.), *Best management practices for Florida golf courses (65-89)*. University of Florida, Gainesville.
- Sarto, M.V.M., Lana, M.C., Rampim, L., Rosset, J.S., Inagak,, A.M., Bassegio, D. 2016. Effects of silicon (Si) fertilization on gas exchange and production in *Brachiaria*. *Australian Journal of Crop Science*, 10(3), 307-313.
- Sarwar, N., Saifullah, M.S.S., Zia, M.H., Naeem, A., Bibi, S., Farid, G. 2010. Role of mineral nutrition in minimizing cadmium accumulation by plants. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90, 925-937.
- Sasaki, A., Yamaji, N., Yokosho, K., Ma, J.F. 2012. Nramp5 is a major transporter responsible for manganese and cadmium uptake in rice. *Plant Cell*, 24(5), 2155-2167.
- Saud, S., Li, X., Chen, Y., Zhang, L., Fahad, S., Hussain, S., Sadiq, A., Chen, Y. 2014. Silicon application increases drought tolerance of kentucky bluegrass by improving plant water relations and morphophysiological functions. *The Scientific World Journal*, 2014, 1-10.
- Savant, N.K., Snyder, G.H., Datnoff, L.E. 1997a. Silicon Management and Sustainable Rice Production. *Advances in Agronomy*, 58, 151-199.

- Savant, N.K., Snyder, G.H., Datnoff, L.E. 1997b. Silicon management and sustainable rice production. In Sparks, D.L. (Ed.), *Advances in Agronomy* (151-199). Academic Press, New York.
- Savant, N.K., Korndörfer, G.H., Datnoff, L.E., Snyder, G.H. 1999. Silicon nutrition and sugarcane production: a review. *Journal of Plant Nutrition*, 22(12), 1853-1903.
- Savoy, H. 2010. *Fertilization and Management of Home Lawns*. Agricultural Extension Service The University of Tennessee. PB 1038, 1-28.
- Savvas, D., Giotis, D., Chatzieustratiou, E., Bakea, M., Patakioutas, G. 2009. Silicon supply in soilless cultivations of zucchini alleviates stress induced by salinity and powdery mildew infections. *Environmental and Experimental Botany*, 65(1), 11-17.
- Savvas, D., Gizas, G., Karras, G., Lydakis-Simantiris, N., Salahas, G., Papadimitriou, M., Tsouka, N. 2007. Interactions between silicon and NaCl salinity in a soilless culture of roses in greenhouse. *European Journal of Horticultural Science*, 72, 73-79.
- Savvas, D., Manos, G., Kotsiras, A., Souvaliotis, S. 2002. Effects of silicon and nutrient-induced salinity on yield, flower quality, and nutrient uptake of *Gerbera* grown in a closed hydroponic system. *Journal of Applied Botany*, 76, 153-158.
- Savvas, D., Ntatsi, G. 2015. Biostimulant activity of silicon in horticulture. *Scientia Horticulturae*, 30(196), 66-81.
- Schmidt, R.E., Zhang, X., Chalmers, D.R. 1999. Response of Photosynthesis and Superoxide Dismutase to Silica Applied to Creeping Bentgrass Grown Under Two Fertility Levels. *Journal of Plant Nutrition*, 22(11), 1763-1773.
- Schwartz, B.M. 2008. Zoysiagrass evaluation for DNA content, sting nematode response, nitrogen management, and estimates of heritability for turfgrass performance traits. Ph.D. dissertation, University of Florida, Gainesville.
- Sebastian, D. 2012. Silica SLV Results, presented at the Association of American Plant Food Control Officials Lab Services Committee Meeting, San Antonio, TX, 2012.
- Sebastian, D., Rodrigues, H., Kinsey, C., Korndörfer, G., Pereira, H., Buck, G., Datnoff, L., Miranda, S., Provance-Bowley, M. 2013. A 5-day method for determination of soluble silicon concentrations in nonliquid fertilizer materials using a sodium carbonate-ammonium nitrate extractant

- followed by visible spectroscopy with heteropoly blue analysis: Single-laboratory validation. *Journal of AOAC International*, 96, 251-258.
- Seebold, K.W. Jr., Datnoff, L.E., Correa-Victoria, F.J., Kucharek, T.A., Snyder, G.H. 2004. Effects of silicon and fungicides on the control of leaf and neck blast in upland rice. *Plant Disease*, 88(3), 253-258.
- Sever Mutlu, S., Mutlu, N., Shearman, R.C., Gurbuz, E., Gulsen, O., Hocagil, M., Karaguzel, O., Heng-Moss, T., Riordan, T.P., Gaussoin, R.E. 2011. Establishment and turf qualities of warm-season turfgrasses in the Mediterranean region. *HortTechnology*, 21, 67-81.
- Sever Mutlu, S., Mutlu, N., Gurbuz, E., Shearman, R.C., Riordan, T.P. 2012. Effects of Seasonal Trinexapac-Ethyl Application on Warm-season Turfgrass Colour, Quality and Spring Green-up under Mediterranean Environment. *European Journal of Horticultural Science*, 77(5), 226-236.
- Shahzad, M., Zörb, C., Geilfus, C.M., Mühlhng, K.H. 2013. Apoplastic Na⁺ in *Vicia faba* leaves rises after short-term salt stress and is remedied by silicon. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 199, 161-170.
- Shen, X., Zhou, Y., Duan, L., Eneji, A.E., Li, J. 2010. Silicon effects on photosynthesis and antioxidant parameters of soybean seedlings under drought and ultraviolet-B radiation. *Journal of Plant Physiology*, 167, 1248-1252.
- Sherman, R.C., Kenna, M.P. (2011). Developing turfgras with drought resistance and heat and salinity stress tolerance. In Cockerham, S.T., Leinauer, B. (Ed.), *Turfgrass, Water Conservation* (31-42). University of California Agriculture and Natural Resources, 161p, California.
- Shewmaker, G.E., Mayland, H.F., Rosenau, R.C., Asay, K.H. 1989. Silicon in C3 grasses effects on forage quality and sheep preference. *Journal of Range Management*, 42, 122-127.
- Shi, Q., Bao, Z., Zhu, Z., He, Y., Qian, Q., Yu, J. 2005. Silicon mediated alleviation of Mn toxicity in *Cucumis sativus* in relation to activities of superoxide dismutase and ascorbate peroxidase. *Phytochemistry*, 66(13), 1551-1559.
- Sidhu, J.K., Stout, M.J., Blouin, D.C. Datnoff, L.E. 2013. Effect of silicon soil amendment on performance of sugarcane borer, *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae) on rice. *Bulletin of Entomological Research*, 103, 656-664.
- Sifers, S.I., Beard, J.B., Hall, M.H. 1992. Comparative characterizations of four commercially available cultivars and four experimental selections of zoysiagrass (*Zoysia spp.*) for 1990 Texas Turfgrass Field Day. 1991. College Station, TX: Texas A&M University, 17-23.

- Singh, K., Singh, R., Singh, J.P., Singh, Y., Singh, K.K. 2006. Effect of level and time of silicon application on growth, yield and its uptake by rice (*Oryza sativa*). Indian Journal of Agricultural Science, 76(7), 410-413.
- Snyder, G.H., Augustin, B.J., Davidson, J.M. 1984. Moisture sensor-controlled irrigation for reducing N leaching in bermudagrass turf. Agronomy Journal, 76, 964-969.
- Snyder, G.H., Burt, E.O., Davidson, J.M. 1980. Nitrogen leaching in bermudagrass turf: 2. Effect of nitrogen sources and rates. In Beard, J.B. (Ed.), Proceedings of the Third International Turfgrass Research Conference (313-324), Madison, WI.
- Snyder, G.H., Burt, E.O., Davidson, J.M. 1977. Nitrogen leaching in bermudagrass turf: 1. Daily fertigation vs. tri-weekly conventional fertilization. In Beard J.B. (Ed.), Proceedings of the Third International Turfgrass Research Conference (185-193) Madison, WI.
- Snyder, G.H., Jones, D.B., Gascho, G.J. 1986. Silicon fertilization of rice on Everglades Histosols. Soil Science Society of America Journal, 50, 1259-1263.
- Sommer, M., Kaczorek, D., Kuzyahov, Y., Breuer, J. 2006. Silicon pools and fluxes in soils and landscapes- A review. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 169, 310-329.
- Sonobe, K., Hattori, T., An, P., Tsuji, W., Eneji, E., Tanaka, K., Inanaga, S. 2009. Diurnal variations in photosynthesis, stomatal conductance and leaf water relation in sorghum grown with or without silicon under water stress. Journal of Plant Nutrition, 32, 433-442.
- Sonobe, K., Hattori, T., An, P., Tsuji, W., Eneji, A.E., Kobayashi, S., Kawamura, Y., Tanaka, K., Inanaga, S. 2010. Effect of silicon application on sorghum root responses to water stress. Journal of Plant Nutrition, 32(3), 71-82.
- Soundararajan, P., Manivannan, A., Park, Y.G., Muneer, S., Jeong, B.R. 2015. Silicon alleviates salt stress by modulating antioxidant enzyme activities in *Dianthus caryophyllus* 'Tula'. Horticulture, Environmental, and Biotechnology, 56, 233-239.
- Sripanyakorn, S., Raviin, J., Thompson, R.P.H., Powell, J.J. 2005. Dietary silicon and bone health. Nutrition Bulletin, 30(3), 222-230.
- Stamatakis, A., Savvas, D., Papadantonakis, N., Lydakis-Simantiris, N., Kefalas, P. 2003. Effects of silicon and salinity on fruit yield and quality of tomato grown hydroponically. Acta Horticulturae, 609, 141-149.

- Strömberg, C., Di Stilio, V., Song, Z. 2016. Functions of phytoliths in vascular plants: an evolutionary perspective. *Functional Ecology*, 30, 1286-1297.
- Suzuki, H. 1940. On the relationship between rice susceptibility and penetration into host plants. *Ngyo Oyobi Engei*, 10, 1999-2010.
- Şen, F. 2011. Deniz Suyu İle Sulama Olanakları ve Silisyumun Golf Alanlarında *Paspalum Çiminin (Paspalum vaginatum Swartz)* Performansına Etkisi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 114s, Ankara.
- Takahashi, E. 1995. Uptake mode and physiological functions of silica. In Matusuo, T., Kumazawa, K., Ishii, R., Ishihara, K., Hirata, H. (Ed.), *Science of rice plant physiology* (pp. 420-433). Tokio: Nobunkyo.
- Takahashi, E., Ma, J.F., Miyake, Y. 1990. The possibility of silicon as an essential element for higher plants. *Comments on Agricultural and Food Chemistry*. 2, 99-122.
- Takahashi, E., Miyake, Y. 1977. Silica and plant growth. In *Proceedings international seminar on environment and fertility management in intensive agriculture (SEFMIA)*, Tokyo, Japan, 603-611.
- Takahashi, K. 1981. Effect of slags on the growth and the silicon uptake by rice plant and the available silicates in paddy soil. *Bulletin of the Shikoku National Agricultural Experiment Station*, 38, 75-114.
- Tamai, K., Ma, J.F. 2003. Characterization of silicon uptake by rice roots. *New Phytologist*, 158, 431-436.
- Tapp, L., Powell, A.J.Jr., Richardson, A. 1988. Bermudagrass winter management study. *Turfgrass Research Programme Reports*, 319, 55-61.
- Taranovskaia, V.G. 1939. The silicication of subtropic greenhouse and plantations. *Soviet Subtropical Agriculture*, 7, 32-37.
- Temizel, S. 2014. '*Zoysia japonica*' Türü ile Akdeniz Bölgesi Koşullarında Tohum ve vejetatif Yöntemlerle Çim Alan Tesisi, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 44s, Antalya.
- Thiagalingam, K., Silva, J.A., Fox, R.L. 1977. Effect of calcium silicate on yield and nutrient uptake in plant growth on a humic ferruginous latosol. In *Proceedings of Conference on chemistry and fertility of tropical soils* (149-155). Kuallalumpur, Malaysia.
- Thomas T. 1817. *A System of Chemistry in Four Volumes*, 5th edition, 700p, Craddock and Joy, London, England.
- Tisdale, S.L., Nelson, W.L., Beaton, J.D. 1985. *Soil fertility and fertilizers*. MacMillan Publisher, 754p, New York.

- Toresano-Sánchez, F., Valverde-García, A., Camacho-Ferre, F. 2012. Effect of the application of silicon hydroxide on yield and quality of cherry tomato. *Journal of Plant Nutrition*, 35, 567-590.
- Trappe, J.M., Karcher, D.E., Richardson, M.D., Patton, A.J. 2011. Shade and traffic tolerance varies for bermudagrass and zoysiagrass cultivars. *Crop Science*, 51, 870-877.
- Trappe, J.M., Patton, A.J. 2013. Evaluating two zoysiagrass cultivars in separate field trials for their preference of nitrogen source. *International Turfgrass Society Research Journal*, 12, 575-580.
- Treder, W., Cieslinski, G. 2005. Effect of silicon application on cadmium uptake and distribution in strawberry plants grown on contaminated soils. *Journal of Plant Nutrition*, 28, 917-929.
- Trenholm, L.E., Datnoff, L.E., Nagata, R.T. 2004. Influence of silicon on drought and shade tolerance of St. Augustinegrass. *HortTechnology*, 14, 487-490.
- Trenholm, L.E., Duncan, R.R., Carrow, R.N., Snyder, G.H. 2001. Influence of silica on growth, quality and wear tolerance of seashore Paspalum. *Journal of Plant Nutrition*, 24, 245-259.
- Tsuruta, S.I., Kobayashi, M., Ebina, M. 2011. Zoysia. In Kole, C. (Ed.), *Wild Crop Relatives: Genomic and Breeding Resources* (297-309). Springer, Berlin.
- Tubana, B. S., Babu, T., Datnoff, L.E. 2016. A review of silicon in soils and plants and its role in US agriculture: history and future perspectives. *Soil Science*, 181, 393-411.
- Tubana, B., Narayanaswamy, C., Lofton, J., Kanke, Y., Dalen, M., Datnoff, L. 2012. Impact of silicon fertilization to sugarcane grown on alluvial soils in Louisiana. *Journal of the American Society of Sugar Cane Technologies*, 32, 75-75.
- Tuna, A. L., Kaya, C., Higgs, D.E.B., Murillo-Amador, B., Aydemir, S., Girgin, A.R. 2008. Silicon improves salinity tolerance in wheat plants. *Environmental and Experimental Botany*, 62(1), 10-16.
- Turgeon, A.J. 1985. *Turfgrass management*. Reston Publishing Company, Inc. Reston, VA.
- Turner, T.R., Hummel, N.W.Jr. 1992. Nutritional requirements and fertilization. In Waddington, D.V., Carrow, R.N., Shearman, R.C. (Ed.), *Turfgrass* (385-440). American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America, Madison, WI.

- Uriarte, R., Bowman, D. 1996. The use of soluble silica in the protection of fungal disease in turfgrass. In Abstracts of American Society of Agronomy (151-151). Madison, WI.
- Uriarte, R.F., Shew, H.D., Bowman, D.C. 2004. Effect of soluble silica on brown patch and dollar spot of creeping bentgrass. *Journal of Plant Nutrition*, 27, 325-339.
- USDA Economic Research Service. 2013. Latest U.S. Agricultural Trade Data. Erişim Tarihi: 29.03.2020. <https://www.ers.usda.gov/data-products/foreign-agricultural-trade-of-the-united-states-fatus/us-agricultural-trade-data-update/>.
- Valamis, J., William, D.E. 1967. Manganese and silicon interaction in the gramineae. *Plant Soil*, 27, 131-140.
- Van Bockhaven, J., de Vleeschauwer, D., Höfte, M. 2013. Towards establishing broad-spectrum disease resistance in plants: silicon leads the way. *Journal Experimental Boany*, 64, 1281-1293.
- Viator H., Richard, J., Williams, G. 2004. The response of LCP 85–384 to silicate slag application. LSU AgCenter Sugar Research Station Annual Report.
- Volcani, B.E. 1978. Role of silicon in diatom metabolism and silicification. In Bendz, G., Lindquist, J. (Ed.), *Biochemistry of silicon and related problems* (177-206). Plenum, New York.
- Volterrani, M., Grossi, N., Magni, S., Lulli, F., Pompeiano, A. 2010. *Zoysia matrella* response to late-fall fertilization in the transition zone. In Alderton, S. (Ed.), *Proceedings of European Turfgrass Society Conference*, 21 May, Angers, France, 225-227.
- Voogt, W., Sonneveld, C. 2001. Silicon in horticultural crops in soilless culture. In Datnoff, L.E., Snyder, G.H., Korndörfer, G.H. (ed.), *Silicon in agriculture* (115-131). Elsevier, New York.
- Wainwright, M. 1997. The neglected microbiology of silicon: from the origin of life to an explanation for what Henry Charlton Bastian saw. *Society for General Microbiology*, 24, 83-85.
- Wang, H., Li, C., Liang, Y. 2001. Agricultural utilization of silicon in China. In Datnoff, L.E., Snyder, G.H., Korndörfer, G.H. (Ed.), *Silicon in Agriculture* (343-358). Elsevier, Amsterdam, The Netherlands.
- Wang, S., Wang, F., Gao, G., 2015. Foliar application with nano-silicon alleviates Cd toxicity in rice seedlings. *Environmental Science and Pollution Research*, 22, 2837-2845.

- Wang, S.Y., Galleta, G.J. 1998. Foliar application of potassium silicate induces metabolic changes in strawberry plants. *Journal of Plant Nutrition* 21, 157-167.
- Wedepohl, K.H. 1995. The composition of the continental crust. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 59, 1217-1239.
- Wei, S., Zhou, Y., Li, D. 2008. Cold sensitivity and biochemical adjustments in zoysiagrass under low temperature stress. *Acta Horticulturae*, 783, 195-206.
- Weiss, A., Herzog, A. 1978. Isolation and characterization of a silicon organic complex from plants. In Bendz, G., Lindquist J. (Ed.), *Biochemistry of silicon and related problems* (109-127). Plenum, New York.
- Wherley, B.G., Skulkaew, P., Chandra, A., Genovesi, A.D., Engelke, M.C. 2011. Low-input performance of zoysiagrass (*Zoysia spp.*) cultivars maintained under dense tree shade. *HortScience*, 46, 1033-1037.
- White, C.B. 2003. The birth of a putting green. *USGA Green Section Record*. 41(6), 1-6.
- White, R.H., Engelke, M.C., Anderson, S.J., Ruemmele, B.A., Marcum, K.B., Taylor II.G.R. 2001. Zoysiagrass water relations. *Crop Science*, 41, 133-138.
- Williams, D.E., Vlamis, J. 1957. The effect of silicon on yield and manganese-54 uptake and distribution in the leaves of barley plants grown in culture solutions. *Plant Physiology*, 32(5), 404-409.
- Williams, R.F., Shapter, R.E. 1955. A comparative study of growth and nutrition in barley and rye as affected by low-water treatment. *Australian Journal of Biology Sciences* 8, 435-466.
- Wu, J.W., Shi, Y., Zhu, Y.X., Wang, Y.C., Gong, H.J. 2013. Mechanisms of enhanced heavy metal tolerance in plants by silicon: a review. *Pedosphere*, 23, 815-825.
- Wutscher, H.K. 1989. Growth and mineral nutrition of young orange trees grown with high levels of silicon. *Horticultural Science*, 24, 275-277.
- Xie, Q., Niu, J., Xu, X., Xu, L., Zhang, Y., Fan, B., Liang, X., Zhang, L., Yin, S., Han, L. 2015. De novo assembly of the Japanese lawngrass (*Zoysia japonica* Steud.) root transcriptome and identification of candidate unigenes related to early responses under salt stress. *Frontiers in Plant Science*, 6, 1-14.
- Yamaguchi, T., Tsuno, Y., Nakano, J., Mano, P. 1995. Relationship between root respiration and silica: calcium ratio and ammonium concentration in

- bleeding sap from stem in rice plants during the ripening stage. *Japanese Journal of Crop Science*, 64, 529-536.
- Ye, M., Song, Y., Long, J., Wang, R., Baerson, S.R., Pan, Z., Zhu-Salzman, K., Xie, J., Cai, K., Luo, S., Zeng, R. 2013. Priming of jasmonate-mediated antiherbivore defense responses in rice by silicon. *Proceedings of National Academy of Sciences*, 110, 3631-3639.
- Yeo, A.R., Flowers, S.A., Rao, G., Welfare, K., Senanayake, N., Flowers, T.J. 1999. Silicon reduces sodium uptake in rice (*Oryza sativa* L.) in saline conditions and this is accounted for by a reduction in the transpirational bypass flow. *Plant, Cell, and Environment* 22, 559-565.
- Yıldırım, E., Turan, M., Güvenç, İ. 2008. Effect of foliar salicylic acid applications on growth, chlorophyll, and mineral content of cucumber grown under salt stress. *Journal of Plant Nutrition*, 31(3), 593-612.
- Yoshida, S., Ohnishi, Y., Kitagishi, K. 1962. Chemical forms, mobility, and deposition of silicon in the rice plant. *Soil Science and Plant Nutrition*, 8, 107-111.
- Youngner, V.B. 1961. Growth and flowering of *Zoysia* species in response to temperatures, photoperiods, and light intensities. *Crop Science*, 1, 91-93.
- Zhang, J.M., Lou, J., Zhang, K., Lin, S.S., Mo, S.X., Lu, L.J. 2008. Winter overseeding zoysiagrass sports turf with cool-season turfgrass in southern China. *Acta Horticulturae*, 783, 85-96.
- Zhao, D., Hao, Z., Tao, J., Han, C. 2013. Silicon application enhances the mechanical strength of inflorescence stem in herbaceous peony (*Paeonia lactiflora* Pall.). *Scientia Horticulturae*, 151, 165-172.
- Zhu, Y., Gong, H. 2014. Beneficial effects of silicon on salt and drought tolerance in plants. *Agronomy for Sustainable Development*, 34, 455-472.
- Zhu, Z., Wei, G., Li, J., Qian, Q., Yu, J. 2004. Silicon alleviates salt stress and increases antioxidant enzymes activity in leaves of salt-stressed cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Plant Science*, 167, 527-533.
- Zippicotte, J. 1881. Fertilizer. U.S. Patent no. 238240. *Official Gazetter of the United States Patent Office*, 19(9), 496.
- Ziramba, E. 2014. Effects of silicon in alleviating salt stress in flue cured tobacco (*Nicotiana tabacum* L.). University of Zimbabwe, 96p, Harare, Zimbabwe.
- Zuccarini, P. 2008. Effects of silicon on photosynthesis, water relations and nutrient uptake of *Phaseolus vulgaris* under NaCl stress. *Biologia Plantarum*, 52, 157-160.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı :Mert ÇAKIR
Doğum Yeri ve Yılı :Samsun, 1990
Medeni Hali :Bekâr
Yabancı Dili :İngilizce
E-posta :pmmertcakir@gmail.com



Eğitim Durumu

Lise :Manavgat Lisesi (YDA), 2008
Ön Lisans :Anadolu Üniversitesi, Açıköğretim Fakültesi, Yerel Yönetimler Programı, 2019
Lisans :Atatürk Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı, 2013
Yüksek Lisans :Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Ana Bilim Dalı, 2016

Mesleki Deneyim

SDÜ Mimarlık Fakültesi 2016-..... (hâlen)

Yayımlar

Uluslararası Makale

Çakır, M., Sever Mutlu, S., Djapo, H. 2017. Gamma-Ray Irradiation Improves Turfgrass Characteristics of St. Augustinegrass, *Crop Science*, 57, 587-594.

Sever Mutlu, S., Mutlu, N., Tokgöz, S., Çakır, M., Selim, C. 2020. Development of vegetative triploid turf-type bermudagrass [*Cynodon dactylon* x *C. transvaalensis* (*C. x mangennisii* Hurcombe)]. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 67,177-189.

Ulusal Makale

- Dönmez, Ş., Çakır, M., Kef, Ş. 2016. Bartın'da Yetişen Bazı Tıbbi ve Aromatik Bitkilerin Peyzaj Mimarlığında Kullanımı. *Mimarlık Bilimleri ve Uygulamaları Dergisi*, 1(2), 1-8.
- Sever Mutlu, S., Atılğan, H., Selim, C., Çakır, M. 2016. Akdeniz Koşullarında *Zoysia spp.* Türlerinin Genel Çim Performansı ve Morfolojik Özelliklerinin Belirlenmesi. *Yalova Atatürk Bahçe Kùltürleri Merkez Araştırma Enstitüsü- Bahçe*, 45, 977-983.
- Dönmez, Ş., Koçak, N., Çakır, M. 2019. A new design approach for Süleyman Demirel University Botanical Garden. *Turkish Journal of Forestry*, 20(1), 62-71.

Tuğluer, M., Çakır, M. 2019. UFORE Modeli'nin Kent Ekosistemine Hizmet Eden Bileşenlerinin İrdelenmesi. *Mimarlık Bilimleri ve Uygulamaları Dergisi*, 4(2), 193-200.

Uluslararası Kitapta Bölüm

Dönmez, Ş., Çakır, M. 2016. Utilization of Natural Materials as Mulching Materials in Landscaping Applications. In: Recep Efe, İsa Cürebal, Abdalla Gad, Brigitta Toth (Ed.), *Environmental Sustainability and Landscape Management* (592-597), St. Kliment Ohridski University Press, Sofia, Bulgaria.

Ulusal Kitapta Bölüm

- Çakır, M., Dönmez, Ş. 2018. Stabilization and Plantation of Sand Dunes. In: Nigar Yarpuz Bozdoğan, Emrah Dönmez, Ufuk Coşkun (Ed.), *Innovative Approaches in Agriculture, Forestry and Aquaculture Sciences* (167-174), Gece Academy, Ankara, Turkey.
- Çakır, M., Tuğluer, M. 2019. Gölge Peyzajları ve Yönetimi. In: Ali Musa Bozdoğan, Nigar Yarpuz Bodoğan (Ed.), *Ziraat, Orman ve Su Alanında Araştırma ve Değerlendirmeler-2019/Haziran* (55-62), Gece Akademi, Ankara, Türkiye.

Uluslararası Sempozyum/Kongre

- Ateşoğlu, H., Sever Mutlu, S. Çakır, M., Tokgöz, S. 2014. Effects of 24-epibrassinolide Application on Cool-season Turfgrass Growth and Quality Under Salt Stress. *Balkan Agriculture Congress*, p.707, 8-11 September, Edirne, Turkey.
- Sever Mutlu, S., Mutlu, N., Tokgöz, S., Çakır, M., Selim, C. 2014. Drought resistance of vegetative triploid turf-type bermudagrass [*Cynadon*

dactylon (L.) Pers. X *C. Transvaalensis* Burt-Davy]. Balkan Agriculture Congress, 8-11 September, p.195, Edirne, Turkey.

Çakır, M., Sever Mutlu, S., Djapo, H. 2016. Gamma-ray Irradiation Improves Turfgrass Characteristics of St. Augustinegrass. 5th ETS Conference, 5-8 June, Albufeira, Portugal.

Çakır, M., Dönmez, Ş. 2017. A Different Perspective on Sage (*Salvia sp.*): 'Usage in Landscape Architecture'. 1st International Congress on Medicinal and Aromatic Plants Book of Abstracts, 10-12 May, p. 1281, Konya, Turkey.

Çakır, M., Dönmez, Ş. 2017. Determination of Usage Opportunities of Medicinal and Aromatic Plants Naturally Grown in Isparta Province for Landscape Architecture Applications. International Multidisciplinary Congress of Eurasia, 23-25 August, p. 76, Roma, Italy.

Dönmez, Ş., Çakır, M. 2017. The Five Senses in Planting Design. International Multidisciplinary Congress of Eurasia, 23-25 August, p. 164, Roma, Italy.

Çakır, M., Dönmez, Ş. (2018). Effects of Planting Design on the Formation of Urban Identity. International Symposium on Urbanization and Environmental Problems: Transition/Transformation/Authenticity. 28-30 June 2018, p.693, Eskişehir, Turkey.

Çakır, M., Dönmez, Ş. 2018. Xeriscape: Efficient Water Use Approach in Landscape Architecture. V. International Multidisciplinary Congress of Eurasia, 24-26 July, 293-297, Barcelona, Spain.

Çakır, M., Sever Mutlu, S. 2018. Effects of Glycine Betaine and Nitrogen Applications on Grass Performance of *Zoysia japonica*. 6th ASM International Congress of Agriculture and Environment. Abstract Book - 1, 11-13 October 2018, 74-75, Antalya, Turkey.

Çakır, M., Sever Mutlu, S., Dönmez, Ş. 2018. Effects of Potassium Silicate and Nitrogen Applications on Grass Performance of *Zoysia japonica*. 1st International Symposium on Graduate Research in Science. 4-6 October, 69-70, İstanbul, Turkey.

Çakır, M., Topay, M. 2018. The Importance and Usage Areas of Turfgrasses. V. International Multidisciplinary Congress of Eurasia, 24-26 July, 298-301, Barcelona, Spain.

Dönmez, Ş., Çakır, M. 2018. Alternatives to Use of Fertilizer on Landscape Applications: Effective Microorganisms. 1st International Symposium on Graduate Research in Science. 4-6 October, 192-193, İstanbul, Turkey.

Mutlu, N., Sever Mutlu, S., Tokgöz, S., Çakır, M., Selim, C. 2018. Breeding Vegetative Turf-type Bermudagrass Cultivars. IV. International Agriculture Congress (IAC 2018) . 05-08 July, Nevşehir, Turkey.

Topay, M., Şahin Kuş, C., Çakır, M. 2018. Use of Physiological Equivalent Temperature (Pet) Index In The Landscape Planning Process. V. International Multidisciplinary Congress of Eurasia, 24-26 July, 170-175, Barcelona, Spain.

Çakır, M., Sever Mutlu, S. 2019. Enhancement of Zoysiagrass Winter Performance Through GB Application. I. International Ornamental Plants Congress. Abstract Book, 9-11 October 2019, 248-249, Bursa, Turkey.

Kara, B., Dönmez, Ş., Çakır, M. 2019. Isparta İlinde Doğal Olarak Yetişen Bazı Tıbbi Aromatik Bitki Türlerinin Peyzaj Mimarlığında Kullanım Olanaklarının Belirlenmesi. I. International Ornamental Plants Congress. Full Text Book, 9-11 October, 233-244, Bursa, Turkey.

Sever Mutlu, S., Çakır, M. 2019. Overseeding Zoysiagrass With Cool-Season Turfgrassess. I. International Ornamental Plants Congress. Abstract Book, 9-11 October 2019, 252-254, Bursa, Turkey.

Ulusal Sempozyum/Kongre

Çakır, M. 2016. Türk Bahçelerinde Kullanılan Bitkisel Materyaller. 6. Peyzaj Mimarlığı Kongresi, "Söylem ve Eylem", 8-11 Aralık, 559-568, Antalya.

Çakır, M., Topay, M., Dönmez, Ş., Pekgöz, M. 2018. Golf Turizminin Ekonomik ve Ekolojik Etkileri. 9. Lisansüstü Turizm Öğrencileri Araştırma Kongresi Bildiriler Kitabı, 5-8 Nisan, 190-195, Gazimağusa, KKTC.

Topay, M., Pekgöz, M., Çakır, M. 2018. Turizm Komplekslerinin Tasarımında 3 Boyutlu Modellemenin Önemi. 9. Lisansüstü Turizm Öğrencileri Araştırma Kongresi Bildiriler Kitabı, 5-8 Nisan, 196-200, Gazimağusa, KKTC.