



## Beet necrotic yellow vein virus-Ilgın (Konya) populasyonunun farklı şeker pancarı genotiplerinde verim ve kalite üzerine etkisinin ve tarla şartlarında dayanıklılık kırma durumunun araştırılması

✉ Rıza KAYA<sup>1\*</sup>, ✉ Nazlı Dide KUTLUK YILMAZ<sup>2</sup>, ✉ Coşkun GÜLSER<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Türkiye Şeker Fabrikaları A.Ş. Şeker Enstitüsü, Ankara

<sup>2</sup>Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü, Samsun

<sup>3</sup>Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Samsun

### Öz

Toprak kökenli protozoa *Polymyxa betae* ile taşınan beet necrotic yellow vein virus (BNYVV), tüm dünyada şeker pancarı üretim alanlarında en yaygın görülen ve en tahripkar virüstür. BNYVV, özellikle şeker pancarı lateral köklerinin anormal şekilde artışına yol açması dolayısıyla kök sakallanması veya rhizomania olarak bilinen hastalığa neden olmaktadır. BNYVV'nin yanı sıra, şeker pancarı alanlarında kist nematodu (*Heterodera schachtii* Schmidt)'na da sık rastlanmakta olup, her iki problem verimde önemli kayıplara neden olabilmektedir. Bu çalışma; rhizomania hastalığına ve nematoda karşı son yıllarda ıslah edilmiş olan farklı genotiplerdeki [*Rz1*, *Rz1+Rz2*, *Rz1+Rz3*, *Rz2+Rz3* ve *Rz1+nematoda tolerant (Rz1+NT)*] şeker pancarı çeşit ve hatlarının verim ve kalite performanslarının değerlendirilmesi amacıyla tesadüf blokları deneme desenine göre dört tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Çalışma, BNYVV ve *H. schachtii* ile bulaşık olduğu bilinen Türkiye Şeker Fabrikaları A.Ş. Şeker Enstitüsü'ne ait Ilgın (Konya) deneme istasyonunda 2017 ve 2018 yıllarında gerçekleştirilmiştir. Pancarda yetiştiricilik açısından önemli parametreler (verim, şeker oranı, artırılmış şeker oranı ve artırılmış şeker verimi) dikkate alındığında, araştırma sonucunda *Rz1+NT* genotipinin, diğer genotiplerden daha iyi performans gösterdiği tespit edilmiştir. Bu alanda, hassas genotip ile kıyaslandığında 2017 yılında *Rz1+NT* genotipinde 81.77 ton/ha ile 2.7 kat, 2018 yılında 68.95 ton/ha ile 3.8 kat daha fazla pancar verimi elde edilmiştir. Bu genotipte şeker verimi ise, ilk yıl 12.16 ton/ha, 2. yıl ise 10.69 ton/ha olmuştur. Ayrıca, rhizomania'ya dayanıklı şeker pancarı genotiplerinde virüsün enfeksiyon durumu DAS-ELISA testine göre değerlendirilmiştir. İncelenen bu genotiplerin bazı tekerrürlerinde virüs belirlenmesine rağmen, BNYVV-Ilgın populasyonunun dayanıklı şeker pancarı çeşit ve hatlarının hiçbirisinde dayanıklılığı kırmadığı saptanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Rhizomania, *Bennyvirus necrobetae*, şeker pancarı kist nematodu, dayanıklılık, ELISA.

### Investigations on the effect of beet necrotic yellow vein virus-Ilgın (Konya) population on the yield and quality of different sugar beet genotypes and its resistance-breaking status in field conditions

#### Abstract

Beet necrotic yellow vein virus (BNYVV), which is transmitted by soil-borne protozoa *Polymyxa betae*, is the most destructive and prevalent virus species in sugar beet production areas worldwide. Due to the abnormal growth in lateral roots of sugar beet plants, it causes a disease known as rhizomania. In addition to BNYVV, *Heterodera schachtii* Schmidt (Sugar beet cyst nematode) is also common in sugar beet, and both of them cause significant losses in yield. The trials were conducted with four replicates according to the randomized blocks experimental design in order to evaluate the yield and quality performances of the sugar beet varieties and lines having different genotypes [*Rz1*, *Rz1+Rz2*, *Rz1+Rz3*, *Rz2+Rz3* and *Rz1+nematode tolerant (Rz1+NT)*] that have been bred against rhizomania disease and cyst nematode in recent years. This study was carried out in the experimental station of Turkish Sugar Factories Inc. Sugar Institute, in Ilgın (Konya), which is known to be infested with BNYVV and *H. schachtii*. in 2017 and 2018. As a result of the study, it was determined that *Rz1+NT* genotype performed better than other genotypes when

\* Sorumlu yazar:

Tel. : 0 (505) 260 5141

E-posta : rizakaya1969@gmail.com

Makale Türü: ARAŞTIRMA MAKALESİ

Geliş Tarihi : 17 Eylül 2024

Kabul Tarihi : 3 Aralık 2024

e-ISSN : 2146-8141

DOI : 10.33409/tbbbd.1551837

important parameters (yield, sugar content, refined sugar content and refined sugar yield) were taken into consideration. In this area, compared to the susceptible genotype, 2.7 times more beet yield was obtained with 81.77 tons/ha in 2017 in the *Rz1+NT* genotype, and 3.8 times more with 68.95 tons/ha in 2018. Sugar yield in this genotype was 12.16 tons/ha in the first year and 10.69 tons/ha in the second year. Furthermore, the virus infection levels in sugar beet genotypes resistant to rhizomania were evaluated according to the DAS-ELISA. Although BNYVV infected these genotypes in the plots of some replicates of the trials, the existing BNYVV population did not break any resistance genes in the sugar beet varieties and lines with different genotypic characteristics.

**Keywords:** Rhizomania, *Benyvirus necrobetae*, sugar beet cyst nematode, resistance, ELISA.

© 2024 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

## Giriş

Şeker pancarı (*Beta vulgaris* L.)'nda rhizomania hastalığına toprak kökenli obligat parazit plasmodiophorid protist tür *Polymyxa betae* Keskin tarafından taşınan (Keskin, 1964; Rush, 2003), beet necrotic yellow vein virus (BNYVV) neden olmaktadır (Tamada ve Baba, 1973). BNYVV ilk olarak 1950'lerin sonlarında İtalya pancar üretim alanlarında rapor edilmiş (Canova, 1959) olup, Türkiye'de ise 1987 yılında tespit edilmiştir (Koch, 1987). Bu hastalık, hassas şeker pancarı çeşidi ekimi yapılan tarlalarda yer yer renk açılımı gösteren bitki adacıkları şeklinde göze çarpmaktadır. Bu alanlarda virüs ile enfekteli bitkilerin kılcal köklerdeki iletim demetlerinin işlevini kaybetmesi sunucunda, yaprak rengi açılarak fıstık yeşili bir renk almakta ve aşırı kılcal kök gelişiminden dolayı da köklerde sakal görünümü oluşmaktadır (Tosic ve ark., 1985; Özgür, 2003).

Rhizomania, şeker pancarı üretimini tehdit eden en tahripkar hastalık olarak bilinmektedir (Scholten ve Lange, 2000). BNYVV, şeker pancarında verimin büyük ölçüde düşmesine ve şeker pancarı üretiminin ekonomik olmaktan çıkarak terkedilmesine neden olabilmektedir. Winner (1984), hastalığın yaygın olduğu alanlarda şeker pancarında %30'dan fazla verim kaybına neden olduğunu belirtirken, Whitney ve Duffus (1995) bu zararın %100'e kadar ulaşabileceğini bildirmişlerdir. Özgür (1995), hastalığın şiddetine bağlı olarak şeker pancarı veriminde %30-90 oranında düşüş gösterdiğini, ağır salgınlarda dekardan ancak, 400-500 kg kadar kök verimi alınabileceğini vurgulamıştır. Ayrıca, bu hastalık şeker pancarı yumrusunda melas oluşturu sodyum ve potasyum oranını artırarak, fabrikada işleme safiyetini bozmaktadır (Kajiyama ve ark., 1990).

Beet necrotic yellow vein virus (BNYVV) adıyla bilinen virüs türü *Benyvirus necrobetae* Benyviridae familyasına ait *Benyvirus* cinsinin tipik bir üyesi olup (ICTV: <https://ictv.global/report/chapter/benyviridae/taxonomy/benyviridae>), genomu dört ya da beş adet rijit çubuk şeklinde, pozitif duyarlı tek sarmal RNA partiküllerinden oluşmaktadır (Tamada ve ark., 1989). BNYVV izolatları ilk olarak kılıf protein (CP) genine göre A- ve B-tip olmak üzere iki grupta toplanmıştır (Kruse ve ark., 1994; Koenig ve ark., 1995). A-tip Türkiye'de dahil olmak üzere (Kruse ve ark., 1994; Kutluk Yılmaz ve ark., 2016) tüm dünyada yaygınlık göstermekte; B-tip ise Avrupa, Çin ve Japonya'da bulunmaktadır (Li ve ark., 2008; Miyanishi ve ark., 1999). Ardından, bir diğer BNYVV grubu olan ve ilave RNA segmenti daha içeren (RNA-5) P-tip BNYVV izolatları saptanmış; bu izolatların ise Fransa (Koenig ve ark., 1997), Kazakistan (Koenig ve Lennefors, 2000), İngiltere (Ward ve ark., 2007), İran (Nassaj-Hosseini ve ark., 2013) ve son olarak da Almanya (Liebe ve Varrelmann, 2022)'de varlığı belirlenmiştir. Daha sonra BNYVV'nin 5. RNA segmentine sahip (RNA-5) Çin ve Japon izolatları, J-tip olarak adlandırılmış ve virüsün ayrı bir tipi olarak kabul edilmiştir (Schirmer ve ark., 2005). İlave olarak, J-tip P26 proteini içeren bu BNYVV izolatları Almanya (Koenig ve ark., 2008), Türkiye (Kutluk Yılmaz ve ark., 2016), İtalya ve Hollanda (Liebe ve Varrelmann, 2022)'de saptanmıştır. RNA-5 içeren BNYVV izolatlarının daha agrasif olduğu rapor edilmiştir (Tamada ve ark., 1996).

Son yıllarda Amerika (Liu ve ark., 2005), İspanya (Pferdmenges ve ark., 2009), Fransa (Koenig ve ark., 2009), İran (Mehrvar ve ark., 2009), Almanya, İngiltere, Hollanda (Bornemann ve Varrelmann, 2013) ve Türkiye (Kutluk Yılmaz ve ark., 2018)'de yeni oluşan BNYVV varyantları tarafından *Rz1* geni taşıyan ticari çeşitlerde dayanıklılığın kırıldığı rapor edilmiştir. Bu genotipte dayanıklılık kırılmasının, BNYVV'nin RNA-3 segmentinden kodlanan patojenite faktörü olarak kabul edilen P25 proteininin 67-70. (tetrad) amino asit pozisyonlarındaki mutasyonlar ve 5. RNA segmentinin (RNA-5) varlığı ile ilişkili olduğu bilinmektedir (Liebe ve ark., 2023). Ayrıca, dünya izolatlarından farklı olarak Türkiye'de saptanan bazı BNYVV izolatlarının hem kontrollü iklim odası, hem de tarla şartlarında *Rz1+Rz2* genotipe sahip şeker pancarı bitkilerini enfekte edebildiği ortaya konulmuştur (Kutluk Yılmaz ve ark., 2019).

Temiz alanlara bulaştıktan sonra rhizomania hastalığını kontrolü oldukça zordur. [Kutluk Yılmaz ve ark. \(2010\)](#) Orta ve Kuzey Anadolu'daki 144 farklı şeker pancarı tarlasından aldıkları toprak örneklerinde, *P. betae* tarafından taşınan toprak kaynaklı virüsler ile toprak özellikleri arasındaki ilişkileri incelemişlerdir. Araştırmacılar, toprakların kum içerikleri ve pH değerlerinin *P. betae* ile önemli pozitif ilişkiler verdiğini, toprakların kireç ve magnezyum içeriğindeki artışların toprak pH'sının yükselmesine sebep olması nedeniyle, *P. betae* tarafından taşınan BNYVV ve bir diğer toprak kökenli virüs olan Beet soil-borne virus (BSBV) enfeksiyonunu fazlalaştırdığını belirtmişlerdir. Benzer şekilde; [Candemir ve ark. \(2012\)](#) ise tütün atığı uygulanmış kil bünyeli bir toprakta pH değerlerinin tobacco mosaic virus (TMV) ELISA absorbans değerleri ile pozitif ilişkili olduğunu bildirmişlerdir.

BNYVV'nin vektör *P. betae*'nin kışlama spor yapılarında en az 15 yıl toprakta canlı kalması ([Abe ve Tamada, 1986](#)) ve başta Amaranthaceae familyası olmak üzere Asteraceae, Boraginacea, Brassicaceae, Caryophyllaceae, Convolvulaceae, Plantaginaceae, Poaceae, Solanaceae ve Zygophyllaceae gibi familyalara ait bazı yabancı otların hem virüs, hem de vektörünün alternatif konukçuları olması sebebiyle, üründe rotasyon uygulaması hastalığın kontrolünde etkili olmamaktadır ([Winner, 1984; EFSA, 2024](#)). Bu nedenle; virüsün en etkili ve ekonomik kontrolü, dayanıklı çeşitlerin yetiştiriciliği ile olmaktadır ([Lewellen, 1995](#)). Rhizomania hastalığına karşı ilk dayanıklı çeşit yetiştirme programlarına 1970'lerde başlanılmıştır ([Biancardi ve ark., 2002](#)). İlk dayanıklılık kaynağı 1983 yılında ABD'de Holly Şeker Şirketi üretim programında saptanmış ve kısmi dominant dayanıklılık içeren bu gen (Holly gen), *Rz1* olarak adlandırılmıştır ([Lewellen ve ark., 1987](#)). Günümüzde, dünyada ve ülkemizde ticari olarak yetiştirilen rhizomania'ya dayanıklı şeker pancarı çeşitlerinin büyük bir kısmı *Rz1* genini içermektedir ([Asher, 1993; Wetzl ve ark., 2019](#)). Ardından, *Beta vulgaris* subsp. *maritima* WB42'de ikinci bir dayanıklılık geni (*Rz2*) daha belirlenmiştir ([Scholten ve ark., 1996, 1999](#)). *Rz2*'nin, dayanıklılık mekanizması *Rz1*'den farklı olduğu ve BNYVV'ye karşı daha etkili olduğu belirtilmektedir ([Scholten ve ark., 1994](#)). Bu nedenle, BNYVV'nin kontrolünde yüksek etkinliğe sahip *Rz2* geni de ticari çeşitlere aktarılmıştır. Böylece, günümüzde *Rz1* ve *Rz2* genleri BNYVV'ye karşı tek dayanıklılık kaynakları olarak görülmektedir. Daha sonra, bu iki dayanıklılık genine ilave olarak, *Rz3*, *Rz4* ve *Rz5* genleri de belirlenmiştir ([Grimmer ve ark., 2007; McGrann ve ark., 2009](#)). Ancak, belirtilen bu genler henüz ticari çeşitlere aktarılmamıştır ([Wetzl ve ark., 2019](#)).

Hem dünyada, hem de ülkemizde şeker pancarı üretim alanlarının bir kısmının BNYVV'nin yanı sıra şeker pancarı kist nematodu (*Heterodera schachtii* Schmidt) ile de bulaşık olduğu bilinmektedir ([Evans ve Rowe, 1998; Serel ve Gürkan, 2002; Mennan ve ark., 2012; Kaya ve Gürkan, 2016](#)). Türkiye'de Trakya Bölgesi'nde 1958 yılında ilk tespitinin ardından, ülkemizde *H. schachtii*'nin yayılım alanı, zarar seviyesi ve yoğunluğunun yıldan yıla artış gösterdiği belirtilmektedir ([Diker, 1959; Serel ve Gürkan, 2002; Tan ve Ökten, 2008; Gürkan ve Erinc, 2010; Kaya ve Gürkan, 2016](#)). Kist nematodu bitkinin topraktan su ve besin maddesi alımını engelleyerek, şeker pancarında %30'lara varan oranda verim ve kalite kayıplarına neden olabilmektedir ([Wauters ve Keleman, 1998](#)). Bulaşık topraklarda kist içinde bulunan yumurta ve larvaları ise 10 yıldan fazla süre canlılıklarını koruyabilmektedir. Öte yandan, kist nematodu hassas şeker pancarlarında kloroz ve lateral köklerde çoğalma şeklinde BNYVV simptomlarına benzer belirtiler oluşturmakta ([Griffin, 1981](#)) ve BNYVV gibi toprak, her türlü tarım alet-ekipmanı, sulama suyu, drenaj suları, sel ve rüzgarlar vasıtası ile bir tarladan diğerine kolaylıkla yayılabilmektedir ([Gürkan ve Erinc, 2010](#)). Günümüzde henüz kültürü yapılan şeker pancarlarında kist nematoduna dayanıklılık sağlayan bir gen tespit edilmemiştir. Bununla birlikte, şeker pancarı ile *Beta procumbens*'in yabancı akraba türleri arasında yapılan çaprazlamalar yoluyla üretilmiş kist nematoduna toleranslı bazı ticari şeker pancarı çeşitleri bulunmaktadır ([Pylypenko ve Kalatur, 2015; Pylypenko ve ark., 2016](#)). Bu sebeplerle; etmenin en ekonomik ve etkili kontrolü münavebe ve toleranslı şeker pancarı çeşitlerinin yetiştiriciliği ile mümkün olabilmektedir ([Serel ve Gürkan, 2002; Lilley ve ark., 2005; Dewar ve Cooke, 2006](#)).

Günümüzde ekonomik olarak şeker üretimi, teknolojik kalitesi yüksek şeker pancarı üretimine bağlıdır. Bu üretim ise, verim ve kalitesi yüksek şeker pancarı çeşitlerinin ekiminin yapılmasının yanı sıra ürünün hastalık ve zararlılardan korunmasıyla mümkün olmaktadır. Bu çalışmada, daha önce yürütülen araştırmalar ile BNYVV ([Kutluk Yılmaz ve ark., 2019](#)) ve şeker pancarı kist nematodu ([Kaya ve Gürkan, 2016](#)) ile bulaşık olarak bilinen Şeker Enstitüsü'ne ait Ilgın Deneme İstasyonunda (Konya); son yıllarda rhizomania hastalığına karşı ıslah edilmiş farklı genotiplere sahip şeker pancarı hat ve çeşitlerinin tarla koşullarında verim ve kalite performanslarının belirlenmesi ve deneme alanındaki BNYVV popülasyonu tarafından bu genotiplerin dayanıklılık kırılma durumlarının değerlendirilerek üreticilere uygun tavsiyelerde bulunulması amaçlanmıştır.

## Materyal ve Yöntem

### Toprak analizi

Tarla denemeleri öncesi, denemenin planlandığı alana ait toprağın, fiziksel ve kimyasal özelliklerini analiz etmek için; 0-20 cm derinlikten ve farklı noktalardan toprak örnekleri alınmış ve karıştırılmıştır. Böylelikle elde edilen tarla toprak örneğinde bünye analizi Demiralay (1993)'a göre; toprak reaksiyonu (pH), elektriksel iletkenlik (EC), kireç ve organik madde analizleri ise Kacar (1994)'ın belirttiği yöntemlere göre gerçekleştirilmiştir (Çizelge 1). Analiz sonuçlarına göre toprak örneği kil bünyeli, hafif alkalın reaksiyonlu, tuzsuz, kireçli ve organik maddece düşük seviyede belirlenmiştir (Soil Survey Staff, 1993).

Çizelge 1. Deneme alanına ait toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

|         |       |                                      |       |
|---------|-------|--------------------------------------|-------|
| Kum, %  | 12.23 | pH (1:1)                             | 7.96  |
| Kil, %  | 60.09 | EC <sub>25</sub> , dSm <sup>-1</sup> | 0.67  |
| Silt, % | 27.68 | CaCO <sub>3</sub> , %                | 24.07 |
| Bünye   | Killi | Organik Madde, %                     | 2.13  |

### Şeker pancarı tohumları

Tarla denemelerinde; BNYVV'ye karşı son yıllarda ıslah edilmiş farklı dayanıklılık genlerini içeren şeker pancarı hatlarının (*Rz1+Rz2*, *Rz1+Rz3* ve *Rz2+Rz3* dayanıklılık geni içeren) yanı sıra; *rz1* (BNYVV ve şeker pancarı kist nematodu hassas; cv. Ansa), *Rz1* (cv. Serenada ve cv. Eldorado), *Rz1+Rz2* (cv. Isabella ve cv. Aranka) ve *Rz1+NT* (BNYVV'ye dayanıklı, nematoda tolerant; cv. Vienetta) genlerini içeren farklı şeker pancarı çeşitleri kullanılmıştır. Bu hat ve çeşitlerin tohumları Türkiye Şeker Fabrikaları A.Ş. Şeker Enstitüsü aracılığı ile Sesvanderhave (Belçika) ve KWS (Almanya) firmalarından temin edilmiştir (Çizelge 2). Ekim öncesi tohumların tamamı toprak altı zararlıları ve kök çürüklüğü etmenlerine karşı (1 kg tohuma; 9 g Imidacloprid, 3.2 g Thiram ve 3.5 g Hymexazol olmak üzere) ilaçlanmıştır.

Çizelge 2. Tarla patojenite denemelerinde kullanılan şeker pancarı çeşitlerinin/hatlarının içerdikleri gen/genler ile temin edildiği firmalar

| Çeşit/ Hat Adı | İçerdiği Gen/Genler | Özellik                           | Temin Edilen Firma |
|----------------|---------------------|-----------------------------------|--------------------|
| Ansa           | <i>rz1</i>          | BNYVV+ ŞPKN* hassas               | KWS                |
| Serenada       | <i>Rz1</i>          | BNYVV'ye dayanıklı                | KWS                |
| Eldorado       | <i>Rz1</i>          | BNYVV'ye dayanıklı                | Sesvanderhave      |
| Isabella       | <i>Rz1+Rz2</i>      | BNYVV'ye dayanıklı                | KWS                |
| Aranka         | <i>Rz1+Rz2</i>      | BNYVV'ye dayanıklı                | KWS                |
| SV 2008        | <i>Rz1+Rz2</i>      | BNYVV'ye dayanıklı                | Sesvanderhave      |
| SVTRRZ1        | <i>Rz1+Rz2</i>      | BNYVV'ye dayanıklı                | Sesvanderhave      |
| SVTRRZ2        | <i>Rz1+Rz2</i>      | BNYVV'ye dayanıklı                | Sesvanderhave      |
| SVTRRZ3        | <i>Rz1+Rz2</i>      | BNYVV'ye dayanıklı                | Sesvanderhave      |
| SVTRRZ6        | <i>Rz1+Rz2</i>      | BNYVV'ye dayanıklı                | Sesvanderhave      |
| SVTRRZ4        | <i>Rz1+Rz3</i>      | BNYVV'ye dayanıklı                | Sesvanderhave      |
| SVTRRZ5        | <i>Rz2+Rz3</i>      | BNYVV'ye dayanıklı                | Sesvanderhave      |
| SVTRRZ7        | <i>Rz1+Rz3</i>      | BNYVV'ye dayanıklı                | Sesvanderhave      |
| Vienetta       | <i>z1+NT</i>        | BNYVV'ye dayanıklı+ ŞPKN tolerant | KWS                |

\*Şeker pancarı kist nematodu

### Tarla denemelerinin kurulması ve yürütülmesi

Tarla denemeleri, daha önce BNYVV ve şeker pancarı kist nematodu ile bulaşık olduğu bilinen Türkiye Şeker Fabrikaları A.Ş. Şeker Enstitüsü'ne ait Ilgın (Konya) deneme istasyonunda 2017 ve 2018 yıllarında yürütülmüştür. Çalışma, farklı genotiplerde şeker pancarı çeşit ve hatlarının verim ve kalite performanslarının değerlendirilmesi amacıyla tesadüf blokları deneme desenine göre dört tekerrürlü olarak planlanmıştır.

Her bir ekim parseli 9 m x 1.35 m (3 sıra) = 12.15 m<sup>2</sup>, hasat parseli ise 7.5 m x 1.35 m (3 sıra) = 10.125 m<sup>2</sup> olacak şekilde belirlenmiştir. Parsellerdeki kenar tesiri çıkarıldıktan sonra, tohumlar hasat parselinde 90 bitki olacak şekilde Nisan ayında 45 x 25 cm aralık ve mesafeye ekilmiştir. Tarla çıkışı tamamlandıktan sonra, sıralar belli olduktan sonra ara çapası yapılmış, bitkiler 4-6 yapraklı devreye ulaştığında ise seyreltme ve tekleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Böcek zararından bitkilerin korunması amacıyla kontroller yapılarak, gerektiğinde deneme alanı uygun insektisit ile ilaçlanmıştır. Denemede simptomatolojik gözlemler hastalık belirtilerinin net olarak ortaya çıktığı Ağustos-Eylül aylarında, deneme hasadı ise Ekim ayı sonunda gerçekleştirilmiştir.



Hasat işlemi bütün parsellerde ayrı ayrı yapılmış olup, etiketli çuvallara doldurulan şeker pancarları, Şeker Enstitüsü'nün Ilgın Deneme İstasyonu'nda bulunan pancar analiz laboratuvarına getirilmiştir. Her parsel ayrı ayrı tartılmış ve farklı genotiplere ait çeşit ve hatların kök verim değerleri belirlenmiştir. Daha sonra, laboratuvarında şeker pancarı örneklerinin öz suları elde edilmiş, bu örnekler dondurma işlemini takiben Ankara Şeker Enstitüsü analiz laboratuvarına getirilerek kalite analizleri (şeker oranı, şeker verimi, Na, K,  $\alpha$ -amino N gibi) gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla; şeker varlığı, sodyum, potasyum,  $\alpha$ -amino azot değerleri ICUMSA (International Commission for Uniform Methods of Sugar Analysis) analiz metotlarına (Atherton ve ark., 1998) göre Betalyser sisteminde; şeker varlığı analizleri ise sucromatta 'soğuk digestion yöntemine' göre yapılarak, sonuçlar % olarak elde edilmiştir. Öte yandan, sodyum ve potasyum değerleri 'alev fotometresi metoduna' göre;  $\alpha$ -amino azot analizleri ise 'blue number yöntemine' göre gerçekleştirilmiştir (Kubadinow ve Wienenger, 1972). Arıtılmış şeker varlığı= Şeker varlığı - [0.343 (Na+K) + 0.094 N + 0.29] formülünden hesaplanarak, fabrikasyonla şeker pancarından üretilebilecek şekerin kök ağırlığına göre % olarak ifade edilmiştir. Sonrasında, arıtılmış şeker varlığı ile kök verim değerleri çarpılarak, arıtılmış şeker verimi değeri hesaplanmıştır.

Hasat sırasında, farklı şeker pancarı genotiplerinin BNYVV ile bulaşıklık durumunun belirlenmesi amacıyla, her bir parselde ait bitkilerden tesadüfen 10'ar adet yaklaşık 0.5-1 cm çapında kök ucu örnekleri alınıp etiketlenerek, soğuk zincir içerisinde Türkiye Şeker Fabrikaları A.Ş. Şeker Enstitüsü Fitopatoloji laboratuvarına getirilmiştir. Ardından, serolojik çalışmalarda kullanılmak üzere -30°C'deki derin dondurucuda muhafaza edilmiştir.

### Serolojik çalışmalar

Tarla denemelerinde her parselden alınan farklı genotiplere ait şeker pancarı çeşit ve hatlarının kuyruk uçları BNYVV'ye spesifik poliklonal antiserum (Bioreba, İsviçre) kullanılarak DAS-ELISA yöntemi ile test edilmiştir. Yöntem Clark ve Adams (1977)'a ve antiserumun temin edildiği firmanın açıklamaları göz önüne alınarak uygulanmıştır. ELISA absorbans değerleri, substrat ilavesinden 120 dk sonra mikroyet okuyucusunda (Novapath, Biorad) 405 nm dalga boyunda okuma yapılarak elde edilmiştir. Negatif kontrollerin absorbans değerlerinin üç katı ve üzerindeki örnekler ait değerler, pozitif olarak kabul edilmiştir (Liu ve ark., 2005).

### Tarla deneme verilerinin değerlendirilmesi

Altı farklı genotip (Çizelge 2) ve dört tekrarlamalı olarak elde edilen veriler (pancar verimi, şeker oranı, arıtılmış şeker oranı ve şeker verimi değerleri), her yıl için ayrı ayrı olmak üzere SPSS (Ver. 21) paket programında tesadüf blokları deneme desenine göre varyans analizine tabi tutulmuştur. Daha sonra, Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılarak genotipler arasındaki farklılıklar önem derecesine göre gruplandırılmıştır.

## Bulgular ve Tartışma

### Farklı genotipteki şeker pancarı çeşit ve hatlarının verim ve kalite performansının değerlendirilmesi

Bu çalışmada, iki yıl süre ile tarla denemelerinin yürütüldüğü BNYVV ve Şeker pancarı kist nematodu ile bulaşık Ilgın deneme alanında; ilk yıl istatistiki olarak aynı grup içerisinde yer almasına rağmen, dayanıklı genotipler içerisinde en yüksek pancar verimi  $Rz1+NT$  genlerini taşıyan genotipte sağlanmıştır (81.77 ton/ha). Bu yıla ait elde edilen pancar verim değerleri BNYVV'ye hassas genotip ( $rz1$ ) ile kıyaslandığında;  $Rz1$  genotipinde 1.9 kat,  $Rz2+Rz3$  genotipinde 2 kat,  $Rz1+Rz2$  ve  $Rz1+Rz3$  genotiplerinde 2.1 kat ve  $Rz1+NT$  genotipte ise 2.4 kat daha fazla pancar verimi elde edilmiştir (Çizelge 3).

Bu alanda 2. yılda,  $Rz1+NT$  genotip istatistiki anlamda da diğer genotiplerden farklılık sergilemiş ve 68.95 ton/ha verim ile en iyi performansı gösteren genotip olmuştur. Aynı lokasyonda 2. yılda dayanıklı genotiplerin pancar verimleri hassas genotip ile karşılaştırıldığında;  $Rz1$  genotipinde 2.8 kat,  $Rz1+Rz2$  genotipinde 2.7 kat,  $Rz1+Rz3$  ve  $Rz2+Rz3$  genotiplerinde 2.5 kat,  $Rz1+NT$  genotipte ise 3.8 kat daha fazla pancar verimi sağlanmıştır (Çizelge 3).

Öte yandan; genotipler şeker oranı ve arıtılmış şeker oranı yönünden değerlendirildiğinde; 2017 yılında  $rz1$  genotipine göre, dayanıklı genotipler  $Rz1$ ,  $Rz1+Rz2$ ,  $Rz2+Rz3$  ve  $Rz1+NT$  daha yüksek şeker oranı ve arıtılmış

şeker oranına sahip olmuşlardır. 2018 yılı verileri göz önüne alındığında genotipler arasındaki şeker oranı ve artırılmış şeker oranları arasındaki farklılıklar, istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (Çizelge 3).

Nihai ürün olan artırılmış şeker verimi yönünden ise; ilk yıl dayanıklı genotipler arasında istatistiksel anlamda bir fark belirlenmemesine rağmen; 2. yıl 10.69 ton/ha artırılmış şeker verimi ile *Rz1+NT* genotipi diğer genotiplerden önemli derecede farklılık sergilemiştir (Çizelge 3).

Çizelge 3. Tarla şartlarında farklı şeker pancarı genotiplerinin pancar verimi, şeker oranı, artırılmış şeker oranı ve artırılmış şeker verimi değerleri ve istatistiki değerlendirilmesi<sup>a</sup>

| Yıllar | Genotipler                  | Pancar verimi (ton/ha) | Şeker oranı (%) | Artırılmış şeker oranı (%) | Artırılmış şeker verimi (ton/ha) |
|--------|-----------------------------|------------------------|-----------------|----------------------------|----------------------------------|
| 2017   | <i>rz1</i>                  | 34.02 b                | 14.76 b         | 12.39 b                    | 4.31 b                           |
|        | <i>Rz1</i>                  | 64.17 a                | 16.32 a         | 14.31 a                    | 9.15 a                           |
|        | <i>Rz1+Rz2</i>              | 72.69 a                | 16.03 a         | 13.91 a                    | 10.04 a                          |
|        | <i>Rz1+Rz3</i>              | 72.02 a                | 15.79 ab        | 13.70 ab                   | 9.83 a                           |
|        | <i>Rz2+Rz3</i>              | 67.87 a                | 16.39 a         | 14.46 a                    | 9.81 a                           |
|        | <i>Rz1+NT</i>               | 81.77 a                | 16.80 a         | 14.91 a                    | 12.16 a                          |
|        | <b>F Değeri<sup>b</sup></b> | <b>3.99**</b>          | <b>4.05**</b>   | <b>3.96**</b>              | <b>5.74**</b>                    |
| 2018   | <i>rz1</i>                  | 17.95 c                | 16.09           | 14.02                      | 2.53 c                           |
|        | <i>Rz1</i>                  | 50.81 b                | 17.04           | 15.06                      | 7.62 b                           |
|        | <i>Rz1+Rz2</i>              | 48.17 b                | 16.98           | 14.93                      | 7.15 b                           |
|        | <i>Rz1+Rz3</i>              | 45.51 b                | 16.71           | 14.79                      | 6.72 b                           |
|        | <i>Rz2+Rz3</i>              | 45.32 b                | 17.19           | 15.29                      | 6.94 b                           |
|        | <i>Rz1+NT</i>               | 68.95 a                | 17.41           | 15.51                      | 10.69 a                          |
|        | <b>F Değeri</b>             | <b>11.65**</b>         | <b>1.74</b>     | <b>1.81</b>                | <b>15.41**</b>                   |

<sup>a</sup>*Rz1*'de iki ticari çeşidin (cv. Serenada ve cv. Eldorado), *Rz1+Rz2*'de üç ticari çeşit (cv. Isabella, cv. Aranka ve SV 2008) ve dört hattın (SVTRRZ1, SVTRRZ2, SVTRRZ3 ve SVTRRZ6), *Rz1+Rz3*'de bir hattın (SVTRRZ4), *Rz2+Rz3*'de bir hattın (SVTRRZ5) ve *Rz1+Nematoda Tolerant* (NT) olan ise bir çeşidin (cv. Vienetta) ortalama verileri temel alınarak istatistiki analizler gerçekleştirilmiştir.

<sup>b</sup>F: İki'den fazla ortalamanın varyans analizine göre çoklu karşılaştırma testi, \*\*İstatistiksel olarak %1 düzeyinde çok önemli.

Bu çalışmada, iki yıl süre ile yürütülen tarla denemesi sonucunda; şeker pancarı genotipi temel alınarak yetiştiricilik açısından önemli parametreler dikkate alındığında; hem BNYVV, hem de Şeker pancarı kist nematodu ile yoğun olarak bulaşık Ilgın deneme alanında *Rz1+NT* genotipinin, diğer genotiplerden daha iyi performans gösterdiği tespit edilmiştir (Çizelge 3). Benzer şekilde; Kaya ve Gürkan (2016) kist nematodu ve BNYVV ile bulaşık iki farklı lokasyon [Altınekin (Konya) ve İlören (Eskişehir)]'da rhizomania'ya dayanıklı ve Şeker pancarı kist nematodu'na toleranslı bir çeşit (cv. Pauletta) ve üç hat (KWS-3K09, KWS-7K03 ve KWS-7K88) ile BNYVV'ye dayanıklı (KWS-1R06) ve her iki etmene de hassas (KWS-6213) birer hattı dahil ederek 2008-2009 yıllarında yürüttükleri tarla denemeleri sonucunda, duyarlı hat ile kıyaslandığında, dayanıklı/tolerant hatların kök veriminin %52-76, şeker veriminin ise %49-76 daha yüksek olduğunu saptamışlardır. Öte yandan, bu araştırmacılar aynı çalışmada; kist nematodu ve BNYVV ile bulaşık üç farklı lokasyon [Akşehir ve Altınekin (Konya), Etimesgut (Ankara)]'da 2011-2012 yıllarında yürüttükleri bir diğer denemede ise, rhizomania'ya dayanıklı (KWS-5R96), kist nematoduna tolerant+BNYVV'ye dayanıklı (cv. Pauletta, KWS-3K09, KWS-OK116, MA-Danube) ve kist nematoduna +BNYVV'ye duyarlı (KWS-6213) çeşit ve hatların arazi performanslarının değerlendirilmesi sonucunda ise; duyarlı hat ile kıyaslandığında, BNYVV'ye dayanıklı+kist nematoduna tolerant hatların kök ve şeker veriminde sırasıyla Akşehir'de %40 ve %35, Altınekin'de %55 ve %54, Etimesgut'ta %65 ve %72'ye varan artış gösterdiklerini tespit etmişlerdir (Kaya ve Gürkan, 2016).

BNYVV'nin vektör *P. betae*'nin dinlenme spor yapılarında en az 15 yıl toprakta canlı kalması (Abe ve Tamada, 1986) nedeniyle, üründe rotasyon uygulaması rhizomania hastalığının kontrolünde etkili olmamasına rağmen (Barr, 1979; Winner, 1984); Şeker pancarı kist nematodu'nun kontrolü 4-5 yıllık sıkı bir münavebe ile mümkün olabilmektedir (Gürkan ve Erinc, 2010). Bu çalışmada; tarla denemeleri münavebe olmaksızın iki yıl süre ile üst üste aynı alanda yürütülmüş olup, bu sebeple bir önceki yıla oranla 2. yıl Şeker pancarı kist nematodu populasyonunda belli bir artışın olması muhtemel görünmektedir. Nitekim; Kaya ve Gürkan (2016), farklı yıl ve lokasyonlarda kist nematoduna tolerant farklı hatlarla yürüttükleri çalışmada; bir yıllık zaman dilimi içerisinde nematodun populasyon yoğunluğunun 2 ile 10 kat artış gösterdiğini bildirmişlerdir. Bu çalışmada, 2017 yılında *Rz1+NT* dayanıklı genotip, sadece rhizomania hastalığına dayanıklılık

geni/genleri içeren genotiplerle benzer tarla performansı sergilemesine rağmen; 2018 yılında *Rz1+NT* genotipinin, rhizomania'ya dayanıklı genotipleri geçmesi bu durumu net bir şekilde ortaya koymaktadır.

Kist nematodu da hassas şeker pancarlarında kloroz ve lateral köklerde çoğalma şeklinde BNYVV'ye benzer belirtilere neden olmakta, iklim ve çevre koşullarına bağlı olarak Şeker pancarı kist nematodu'nun patojenitesinde büyük varyasyonların olduğu bildirilmiştir (Griffin, 1981). Bu çalışmada yürütülen denemelerde de; her iki etmen (BNYVV+kist nematodu) ile de bulaşık deneme alanında yapılan simptomatolojik gözlemler ile pancar köklerinde gelişme geriliği olduğu ve köklerin oldukça küçük kaldığı gözlenmiştir.

### **Tarla koşullarında farklı genotiplerde BNYVV dayanıklılığının kırılma durumunun araştırılması**

Tarla deneme alanına ait farklı şeker pancarı genotipi örneklerinde yürütülen ELISA testi çalışmaları sonuçlarına göre, rhizomania'ya hassas genotipte (*rz1*), ilk yıl sadece tekerrürlerin birinde BNYVV enfeksiyonu (ELISA absorbans değeri: 1.557) saptanmasına rağmen, ikinci yıl dört tekerrürün tamamında (ELISA absorbans değeri: 1.133) viral enfeksiyon tespit edilmiştir. Buna karşılık, aynı alanda farklı denemeler de yürütüldüğünden 2018 yılında deneme lokasyonu yaklaşık 2 m kaydırılmak zorunda kalmıştır. Etmenin toprak kökenli olmasından dolayı, yapılan bu değişiklik yıllar arasında farklı sonuçların alınmasının nedeni olabilir. Nitekim, toprak kökenli etmenlerin tarlada üniform bir dağılım göstermediği bilinmektedir (Tamada, 2016).

Bu çalışmada; bir alandaki/örnekteki BNYVV popülasyonunun dayanıklılık kırma yeteneğini ortaya koyan oran olan H:D oranı [ELISA hassas (H): ELISA dayanıklı (D)] genotiplerin tamamında hesaplanmıştır. İlave olarak, bu değerlendirmede enfekteli tekerrür sayısı da göz önüne alınmıştır (Liebe ve Varrelmann, 2022). Buna göre; tarla denemesinin yürütüldüğü ilk yıl dayanıklılık geni/genleri içeren çeşit ve hatlar BNYVV enfeksiyonu oluşumu yönünden irdelendiğinde; *Rz1* genotipinde ekimi yapılan iki çeşidin (cv. Serenada ve cv. Eldorado) toplam 8 tekerrürden 2'sinde, *Rz1+Rz2* genotipinde ise yetiştirilen 3 çeşit (cv. Isabella, cv. Aranka ve SV 2008) ve 4 hattın (SVTRRZ1, SVTRRZ2, SVTRRZ3 ve SVTRRZ6) toplam 28 tekerrürden 11'inde virüs enfeksiyonu saptanmıştır. Diğer taraftan; *Rz1+Rz3* genotipine sahip iki hattın (SVTRRZ4 ve SVTRRZ7), *Rz2+Rz3* genotipinde bir hattın (SVTRRZ5) ve *Rz1+NT* genotipe sahip bir çeşidin (cv. Vienetta) ise tekerrürlerinden sadece 1'inde BNYVV enfeksiyonu belirlenmiştir (Çizelge 4). H:D oranının 1'in altında olması, viral etmenin dayanıklı genotipte hassas genotipten daha iyi çoğaldığını göstermekte ve dolayısı ile kesin olarak o genotipte rhizomania dayanıklılığının kırıldığına işaret etmektedir (Liebe ve Varrelmann, 2022). Bu çalışmada; 2017 yılında en düşük H:D oranı *Rz1* genotipinde (17.90); en yüksek H:D oranı ise *Rz1+Rz3* genotipinde (70.77) tespit edilmiştir. İncelenen BNYVV-dayanıklı genotiplerin bazı tekerrürlerinde viral enfeksiyon oluşumu tespit edilmesine rağmen; gerek enfekteli tekerrür sayısının az, gerekse ELISA absorbans değerinin oldukça düşük olması nedeni ile 2017 yılında bu genotiplerin hiçbirisinde tarla koşullarında BNYVV dayanıklılığının kırılmadığı görülmüştür (Çizelge 4).

İkinci yılda, *Rz1* genotipinde iki tekerrürde, *Rz1+Rz2* ve *Rz1+NT* genotiplerinde ise sadece 1'er tekerrürde virüs enfeksiyonu tespit edilmiştir. Öte yandan, 2018 yılında en düşük H:D oranı *Rz1+NT* genotipte (4.72); en yüksek H:D oranı ise *Rz1* genotipinde (13.49) belirlenmiştir. Bununla birlikte; *Rz1+Rz3* ve *Rz2+Rz3* genotiplerinde ise BNYVV ile bulaşık herhangi bir tekerrür saptanmamıştır (Çizelge 4). Bu durumun, 2. yıl deneme alanı lokasyonunun aynı tarla içerisinde bir miktar kaydırılmasından kaynaklandığı düşünülmüştür.

Galein ve ark. (2018), üç yıl süre ile Fransa'da BNYVV ile bulaşık farklı lokasyonlarda, değişik genotipik özellikte (*rz1*, *Rz1rz1*, *Rz1rz1& NT* ve *Rz1rz1&Rz2rz2*) ticari çeşitler ile yürüttükleri tarla denemeleri sonucunda; Şeker pancarı kist nematodu ile bulaşık alanlarda yetiştirilen *Rz1+NT* çeşitlerin ELISA değerinin, *Rz1* ya da *Rz1+Rz2* genlerini içeren çeşitlerden daha düşük olduğunu bildirmişlerdir. Üstelik, aynı araştırmacılar, kist nematodu ile bulaşık topraklarda, çeşidin, *Rz1* genine ilaveten nematod dayanıklılığına da sahip olmasının, yetiştirme periyodu boyunca bitkideki BNYVV titresini şiddetli bir şekilde azalttığını vurgulamışlardır. Ayrıca, yetiştirme periyodu süresince, viruliferous *P. betae'nin Rz1+NT* çeşitlerde, *Rz1* veya *Rz1+Rz2*'den daha az çoğaldığı da bildirilmiştir (Galein ve ark., 2018). Galein ve ark. (2018)'ın bulgularına benzer şekilde bu çalışmada da; araştırmanın yürütüldüğü ilk yıl *Rz1+NT* genotipte saptanan ortalama ELISA absorbans değeri (0.024); *Rz1* (0.087) ve *Rz1+Rz2* (0.036) genlerini içeren genotiplerden daha düşük olarak belirlenmiştir. Bununla birlikte; denemenin 2. yılında elde edilen genotiplere ait ortalama ELISA absorbans değerleri irdelendiğinde; *Rz1* (0.084) ve *Rz1+Rz2* (0.093) genotiplerinin ELISA değerlerinin, *Rz1+NT* genotipe (0.240) göre daha düşük olması dikkat çekmiştir (Çizelge 4).

Çizelge 4. BNYVV ile bulaşık Ilgın deneme alanında farklı genotiplere ait yetiştirilen çeşit ve/ya da hatların ELISA absorbands değerleri

| Genotip                    | Enfekteli tekerrür sayısı | Ortalama ELISA absorbands değeri* | ELISA absorbands değeri aralığı (minimum-maksimum) | H:D Oranı*** |
|----------------------------|---------------------------|-----------------------------------|--|--------------|
| <i>rz1</i>                 | 1/4                       | 1.557                             | 1.557  | -            |
| <i>Rz1</i>                 | 2/8                       | 0.087                             | 0.021-0.153  | 17.90        |
| <b>2017</b> <i>Rz1+Rz2</i> | 11/28                     | 0.036                             | 0.023-0.153  | 43.25        |
| <i>Rz1+Rz3</i>             | 1/8                       | 0.022                             | 0.022  | 70.77        |
| <i>Rz2+Rz3</i>             | 1/4                       | 0.039                             | 0.039  | 40.44        |
| <i>Rz1+NT</i>              | 1/4                       | 0.024                             | 0.024  | 64.88        |
| <i>rz1</i>                 | 4/4                       | 1.133                             | 0.091-2.120  | -            |
| <i>Rz1</i>                 | 2/8                       | 0.084                             | 0.067-0.100  | 13.49        |
| <b>2018</b> <i>Rz1+Rz2</i> | 1/28                      | 0.093                             | 0.093  | 12.18        |
| <i>Rz1+Rz3</i>             | 0/8                       | TE**                              | -  | -            |
| <i>Rz2+Rz3</i>             | 0/4                       | TE                                | -  | -            |
| <i>Rz1+NT</i>              | 1/4                       | 0.240                             | 0.240  | 4.72         |

\**Rz1*'de iki ticari çeşidin (cv. Serenada ve cv. Eldorado), *Rz1+Rz2*'de üç ticari çeşit (cv. Isabella, cv. Aranka ve SV 2008) ve dört hattın (SVTRRZ1, SVTRRZ2, SVTRRZ3 ve SVTRRZ6), *Rz1+Rz3*'de bir hattın (SVTRRZ4), *Rz2+Rz3*'de bir hattın (SVTRRZ5) ve *Rz1+ Nemotoda tolerant* (NT) olan ise bir çeşidin (cv. Vienetta) verileri temel alınarak ortalama ELISA absorbands değerleri hesaplanmıştır; \*\*TE: BNYVV enfeksiyonu tespit edilmedi, \*\*\*H: BNYVV'ye hassas genotip ELISA absorbands değeri; D: BNYVV'ye dayanıklı genotip ELISA absorbands değeri

Bir alanda rhizomania tespit edildikten sonra vektörü *P. betae*'ya ait viruliferous (virüs-taşıyan) dinlenme sporlarının fazla oranda çoğalmasını engellemek amacıyla dayanıklı çeşitler ekildiğinde, o alandaki viruliferous populasyon düşük düzeyde kalmakta; ancak bölgedeki virüs mutasyona uğrayarak yeni bir ırk/varyant geliştirdiğinde, dayanıklı çeşit artık hastalığın kontrolünü sağlayamamaktadır (Rush, 2003). Sonuç olarak, yeni oluşan BNYVV varyantları tarafından dayanıklı genotiplerdeki bu dayanıklılık kırılmaktadır. Nitekim; hem BNYVV, hem de Şeker pancarı kist nematodu ile bulaşık Ilgın deneme alanında, üst üste şeker pancarı yetiştiriciliğinin yapılması denemenin 2. yılında, bir önceki yıl ile kıyaslandığında genotiplerin büyük bir kısmında (*Rz1*, *Rz1+Rz2* ve *Rz1+NT* genotip) H:D oranlarında (4.72-13.49) düşüşe neden olmuştur. İkinci yıla ait genotiplerin H:D oranları irdelendiğinde; en yüksek H:D oranı *Rz1* genotipinde (13.49), en düşük H:D oranı (4.72) ise *Rz1+NT* genotipte saptanmıştır (Çizelge 4). Elde edilen bu sonuç, bu lokasyonda iyi performans sergileyen *Rz1+N* genotipinin de zaman içerisinde risk altında olacağını göstermiştir.

## Sonuç

Bu çalışmada, iki yıl yürütülen tarla denemesi sonucunda; yetiştiricilik açısından önemli parametreler dikkate alındığında, hem BNYVV, hem de Şeker pancarı kist nematodu ile yoğun olarak bulaşık Ilgın deneme alanında *Rz1+NT* genotipinin, diğer genotiplerden daha iyi performans gösterdiği tespit edilmiştir. Öte yandan elde edilen bu sonuçlar, özellikle kist nematodu mücadelesi bakımından, birçok araştırmacının tavsiyelerinde yer verdiği gibi; şeker pancarı üretimi yapılan tarlalarda münavebenin ne kadar önemli olduğunu bir kez daha gözler önüne sermiştir.

Türkiye'de, üreticilerin fiyat garantisinin olduğu tek ürün olan şeker pancarına yönelmeleri münavebeyi bozmalarına neden olmakta, bu da başta Şeker pancarı kist nematodu olmak üzere rhizomania hastalığının baskısını artırmaktadır. Bu bakımdan her ikisinin birlikte olduğu ekim alanları için *Rz1+Rz2+NT* veya *Rz1+Rz3+NT* genlerini içeren yeni ıslah hatlarının geliştirilerek üreticilere ulaştırılması ve ekiminin yapılmasının gelecekte pancar verim ve kalitesinin korunmasında büyük rol oynayacağı düşünülmektedir. Ancak, şu an dünyada yetiştiriciliği yapılan ticari çeşitler yalnızca *Rz1* ve *Rz2* genlerini içermekte olup, günümüzde diğer dayanıklılık genleri (*Rz3*, *Rz4* ve *Rz5*) ticari çeşitlere henüz aktarılmamıştır. Bu sebeple, ülkemizde her yıl hedeflenen şeker pancarı ve dolayısıyla şeker üretiminin sektöre uğramaması için, BNYVV+kist nematodu ile bulaşık alanlarda *Rz1+NT* genotiplerini içeren çeşitlerin ekiminin yapılması yerinde olacaktır.

## Teşekkür

Bu çalışma TÜBİTAK (TOVAG: 2150495) projesi kapsamında desteklenmiştir.

## Kaynaklar

Abe H, Tamada T, 1986. Association of Beet necrotic yellow vein virus with isolates of Polymyxa betae Keskin. Annals of Phytopathological Society of Japan, 52, 235-247.



- Asher, MCJ, 1993. Rhizomania. p:312-346. Editors: DA Cooke and RK Scott. The Sugar Beet Crop. Chapman and Hall, London, U.K.
- Atherton P, Dutton J, Madsen R, Pews, R. 1998. International Commission for Uniform Methods of Sugar Analysis. Proceedings of 22nd Session Berlin. International Media Limited PO Box 26 Port Talbot West Glamorgan SA13 1NX UK.
- Biancardi E, Lewellen RT, De Biaggi M, 2002. The origin of rhizomania resistance in sugar beet. *Euphytica* 127, 383-397.
- Bornemann K, Varrelmann M, 2013. Effect of sugar beet genotype on the Beet necrotic yellow vein virus P25 pathogenicity factor and evidence for a fitness penalty in resistance-breaking strains, *Molecular Plant Pathology*, 14, 356-364.
- Candemir F, Kutluk-Yilmaz ND, Gülser C. 2012. The effect of tobacco waste application on Tobacco mosaic virus (TMV) concentration in the soil. *Žemdirbystė Agriculture*, 99 (1), 99-104.
- Canova, A. 1959. On the Pathology of Sugar Beet. *Inf. Fitopatol.*, 9: 390-396.
- Clark MF, Adams AN, 1977. Characteristics of the microplate method of enzyme linked immunosorbent assay for the detection of plant viruses. *Journal of General Virology*, n. 34: 475-483.
- Demiralay İ, 1993. Toprak fiziksel analiz yöntemleri. Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları, Erzurum, 111-120.
- Dewar AM, Cooke D, 2006. Pests. p.316 354. In A.P. Draycott (Ed.) Sugar Beet. Blackwell.
- Diker T, 1959. Türkiye’de şeker pancarı nematodunun (*Heterodera schachtii* Schmidt 1871) yayılış durumu ve alınması gerekli tedbirler. *Şeker Mecmuası*, 34: 9-13.
- European Food Safety Authority (EFSA), Culot, A., Delbianco, A., 2024. Pest survey card on beet necrotic yellow vein virus. EFSA Supporting Publications, 21 (7), 8884E.
- Evans K, Rowe JA, 1998. Distribution and economic importance. In: Sharma SB (ed.) *The Cyst Nematodes*: 1-30. Kluwer Academic Publishers, London, UK.
- Galein Y, Legreve A, Bragard C, 2018. Long term management of rhizomania disease-insight into the changes of the Beet necrotic yellow vein virus RNA-3 observed under resistant and non-resistant sugar beet fields. *Frontiers in Plant Science*, 9, 1-15.
- Gilmer D, Ratti C, ICTV Report Consortium, 2017. ICTV Virus Taxonomy Profile: Benyviridae. *Journal of General Virology*, 98 (7): 1571-1572.
- Grimmer MK, Trybush S, Hanley S, Francis SA, Karp A, Asher MJC, 2007. An anchored linkage map for sugar beet based on AFLP, SNP and RAPD markers and QTL mapping of a new source of resistance to beet necrotic yellow vein virus, *Theor. Appl. Genet.*, 114, 1151-1160.
- Griffin GD, 1981. Pathological differences in *Heterodera schachtii* populations. *Journal of Nematology* 13, 191-195.
- Gürkan Ş, Erinç M, 2010. Şeker Pancarı Zararlıları ve Mücadelesi. Türkiye Şeker Fabrikaları A.Ş. Yayını: 226, Ankara.
- Kacar B, 1994. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri III. Toprak Analizleri. A.Ü. Zir. Fak. Eğitim Araş. ve Geliştirme Vak. Yay. No: 3, Ankara.
- Kajiyama T, Yoshizawa A, Yoshida T, Yanagisawa A, Yoshimura Y, Ohtsuchi K, Abe H, Niura T, 1990. Response of sugar beet varieties to rhizomania disease of sugar beet. I. The yield and quality of sugar beet, *Japanese Society of Sugar Beet Technologists*, 32, 53-58.
- Kaya R, Gürkan Ş, 2016. Türkiye’de şeker pancarı kist nematodu (*Heterodera schachtii* Smidth)’nın yayılışı ve tolerant genotiplerin mücadeledeki başarısı. *Selçuk Tarım Bilimleri Dergisi*, 3 (1): 123-129.
- Keskin B, 1964. *Polymyxa betae* n.sp. ein parasit in den wurzein von *Beta vulgaris* Tournefort, besonders während den jugendent wicklung den zuckerrübe. *Archives of Microbiology*, 49, 348-374.
- Koch F, 1987. Bericht über eine in verschiedene zuckerrübenanbauggebiete der Turkseker in Anatolien und Thrazien zum stadium von wurzelerkrankungen. KWS Kleinwanzlebener Saatzucht, AG, Einbeck, Germany.
- Koenig R, Lüddecke P, Haerberle AM, 1995. Detection of Beet necrotic yellow vein virus strains, variants and mixed infections by examining single-strand conformation polymorphisms of immunocapture RT-PCR products, *Journal of General Virology*, 76, 2051-2055.
- Koenig R, Haerberle AM, Commandeur U, 1997. Detection and characterization of a distinct type of Beet necrotic yellow vein virus RNA-5 in sugar beet growing area in Europe. *Archives of Virology*, 142:1499-1504.
- Koenig R, Lennefors BL, 2000. Moleculer analyses of European A, B and P type sources of Beet necrotic yellow vein virus and detection of the rare P type in Kazakhstan, *Archives of Virology*, 145, 1561-170.

- Koenig R, Kastirr U, Holtschulte B, Deml G, Varrelmann M, 2008. Distribution of various types and P25 subtypes of Beet necrotic yellow vein virus in Germany and other European countries. *Archives of Virology*, 153, 2139-2144.
- Koenig R, Loss S, Specht J, Varrelmann M, Lüddecke P, Deml G, 2009. A single U/C nucleotide substitution changing alanine to valine in the beet necrotic yellow vein virus P25 protein promotes increased virus accumulation in roots of mechanically inoculated, partially resistant sugar beet seedlings. *Journal of General Virology*, 90, 759-763.
- Kruse M, Koenig R, Hoffman A, Kaufmann A, Commandeur U, Solevye AG, Savenkov I, Burgermeister W, 1994. Restriction fragment length polymorphism analysis of reverse transcription-PCR products reveals the existence of two major strain groups of beet necrotic yellow vein virus. *Journal of General Virology*, 75, 1835-1842.
- Kubadinow N, Wienenger L, 1972. *Zucker*, 25: 43.
- Kutluk Yilmaz ND, Meunier A, Schmit JF, Stas A, Bragard C, 2007. Partial nucleotide sequence analysis of Turkish isolates of Beet necrotic yellow vein virus (BNYVV) RNA-3. *Plant Pathology*, 56, 311-316.
- Kutluk Yilmaz ND, Arli-Sokmen M, 2010. Occurrence of soilborne sugar beet viruses transmitted by *Polymyxa betae* northern and central parts of Turkey. *Journal of Plant Pathology*, 92 (2), 497-500.
- Kutluk Yilmaz ND, Arli-Sokmen M, Kaya R, Sevik MA, Tunali B, Demirtas S, 2016. The widespread occurrences of Beet soil borne virus and RNA-5 containing Beet necrotic yellow vein virus isolates in sugar beet production areas in Turkey. *European Journal of Plant Pathology*, 144 (2), 443-455.
- Kutluk Yilmaz ND, Arli-Sokmen M, Kaya R, 2018. p25 pathogenicity factor deletion mutants of beet necrotic yellow vein virus occurring in sugar beet fields in Turkey. *J Plant Dis Prot* 125, 89-98.
- Kutluk Yilmaz ND, Kaya R, Değer T, 2019. Beet necrotic yellow virus'ün patojenite ile ilişkili P25 proteininde delesyon belirlenen yeni varyantları üzerinde araştırmalar. TOVAG 2150495, Kesin Sonuç Raporu.
- Kutluk Yilmaz N, Sokmen M, Gulser C, Saracoglu S, Yilmaz D, 2010. Relationships between soil properties and soilborne viruses transmitted by *Polymyxa betae* Keskin in sugar beet fields. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 8 (3), 766-769.
- Lewellen RT, Skoyen IO, Erichsen AW, 1987. Breeding sugar beet for resistance to rhizomania: Evaluation of host-plant reactions and selection for and inheritance of resistance. Pages 139-156 in: Proc. Winter Congr. Symp. Int. Inst. Sugar Beet Res. (IIBR), 50th. Brussels.
- Lewellen RT, 1995. Registration of sugar beet germplasm lines with multiple disease resistance: C39, C39R, C39R-6, C-47, C-93, and C-94, *Crop Science*, 35, 2 (13), 597-598.
- Lilley CJ, Atkinson HJ, Urwin PE, 2005. Molecular aspects of cysts nematodes. *Molecular Plant Pathology*, 6, 577-588.
- Liu HY, Sears JL, Lewellen RT, 2005. Occurrence of resistance-breaking beet necrotic yellow vein virus of sugar beet. *Plant Disease*, 89, 464-468.
- Liebe S, Varrelmann M, 2022. Ongoing evolution of Beet necrotic yellow vein virus towards Rz1-resistance breaking in Europe. *Plant Pathology*, 71, 1647-1659.
- Liebe S, Maiss E, Varrelmann M, 2023. The arms race between beet necrotic yellow vein virus and host resistance in sugar beet. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1098786.
- McGrann GRD, Grimmer MK, Mutasa-Gottgens ES, Stevens M, 2009. Progress towards the understanding and control of sugar beet rhizomania diseases. *Molecular Plant Pathology*, 10, 129-141.
- Mehrvar M, Valizadeh J, Koenig R, Bragard CG, 2009. Iranian Beet necrotic yellow vein virus (BNYVV): pronounced diversity of the P25 coding region in A-type BNYVV and identification of P-type BNYVV lacking a fifth RNA species. *Archives of Virology*, 154, 501-506.
- Mennan S, Yilmaz NDK, Aydın G, Çankaya S, 2012. Occurrence and interactions among sugar beet cyst nematode and beet soilborne viruses in northern Turkey. *Pak. J. Nematol.*, 30 (2), 115-127.
- Miyaniishi M, Kusume T, Saito M, Tamada T, 1999. Evidence for three groups of sequence variants of beet necrotic yellow vein virus RNA 5. *Archives of Virology*, 144, 879-892.
- Nassaj-Hosseini SM, Shams-Bakhsh M, Mehrvar M, Salmanian AH, 2013. Evolutionary characterization and genetic structure of Iranian isolates of Beet necrotic yellow vein virus population based on P25 protein, *Journal of Agricultural Science and Technology*, 15, 829-842.
- Özgür OE, 1995. Türkiye Şeker Pancarı Hastalıkları. Türkiye Şeker Fabrikaları A.Ş. Genel Müdürlüğü, Yayın No: 218, Ankara, 33-47.
- Özgür OE, 2003. Türkiye Şeker Pancarı Hastalıkları. Türkiye Şeker Fabrikaları A.Ş. Genel Müdürlüğü Yayınları Yayın No.219, Etimesgut- Ankara, 52-69.

- Pferdmenges F, Korf H, Varrelmann M, 2009. Identification of rhizomania-infected soil in Europe able to overcome Rz1 resistance in sugar beet and comparison with other resistance-breaking soils from different geographic origins. *European Journal of Plant Pathology*, 124, 31–43.
- Pylypenko L, Kalatur K, 2015. Breeding and usage of sugar beet cultivars and hybrids resistant to sugar beet nematode *Heterodera schachtii*. *Agricultural Science and Practice* 2.1, 12-22.
- Pylypenko LA, Kalatur KA, Hallmann J, 2016. Sugar beet nematode *Heterodera schachtii* distribution and harmfulness in Ukraine. *Agricultural Science and Practice*, 3, 3-11.
- Rush CM, 2003. Ecology and epidemiology of benyviruses and plasmodiophorid vectors. *Annual Review of Phytopathology*, 41, 567-592.
- Schirmer A, Link D, Cognat V, Moury B, Beuve M, Meunier A, Bragard C, Gilmer D, Lemaire O, 2005. Phylogenetic analysis of isolates of Beet necrotic yellow vein virus collected worldwide. *Journal of General Virology*, 86, 2897-2911.
- Scholten OE, Paul H, Peter D, Van Lent JW, Goldbach RW, 1994. In situ localisation of Beet necrotic yellow vein virus (BNYVV) in rootlets of susceptible and resistant beet plants. *Archives of Virology*, 136, 349-361.
- Scholten OE, Lange W, 2000. Breeding for resistance to rhizomania in sugar beet: a review. *Euphytica*, 112, 219-231.
- Scholten OE, Jansen RC, Keizer LCP, DeBock TSM, Lange W, 1996. Major genes for resistance to beet necrotic yellow vein virus (BNYVV) in *Beta vulgaris*. *Euphytica* 91, 331-339.
- Scholten OE, Bock TS, Klein-Lankhorst RM, Lange W, 1999. Inheritance of resistance to beet necrotic yellow vein virus in *Beta vulgaris* conferred by a second gene for resistance. *Theoretical and Applied Genetics*, 99, 740-746.
- Serel İ, Gürkan Ş, 2002. Ülkemiz şeker pancarı ekim alanlarında kist nematodu (*Heterodera schachtii* Smidht)'nun yayılış alanları üzerine araştırmalar. İkinci Ulusal Şeker Pancarı Üretimi Sempozyumu, 10-11 Eylül, Ankara, s.249-256.
- Soil Survey Staff, 1993. *Soil Survey Manuel*. USDA Handbook No:18 Washington.
- Tamada T, Baba T, 1973. Beet necrotic yellow vein virus from rhizomania affected sugar beet in Japan. *Annals of Phytopathological Society of Japan*, 39, 325-332.
- Tamada T, Abe H., Saito M, Kiguchi T, Harada T, 1989. Production and pathogenicity of isolates of Beet necrotic yellow vein virus with different numbers of RNA components. *Journal of General Virology*, 70, 3399-3409.
- Tamada T, Kusume T, Uchino H, Kiguchi T, Saito M, 1996. Evidence that Beet necrotic yellow vein virus RNA 5 is involved in symptom development of sugar beet roots. *Proc. 3rd Symp. Int. Work. Group Plant Viruses Fungal Vectors*, 49-52, 6-7 August, Dundee, Scotland.
- Tamada T, Uchino H., Kusume T, Iketani-Saito M, Chiba S, Andika IB, Kondo H, 2020. Pathogenic roles of beet necrotic yellow vein virus RNA5 in the exacerbation of symptoms and yield reduction, development of scab-like symptoms, and Rz1-resistance breaking in sugar beet. *Plant Pathology*, 70, 219-232.
- An T, Ökten E, 2008. Adapazarı ili ve çevresi şeker pancarı ekiliş alanlarında *Heterodera schachtii* Schmidt, 1871 (Tylenchida: Heteroderidae)'in yayılışı üzerine araştırmalar. *Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi*, 22 (1), 1-8.
- Tosic M, Sutic D, Milovanovic, M, 1985. Investigations of sugar-beet rhizomania in Yugoslavia. *Proceedings of 48th International Institute Sugar Beet Research Winter Congress*, 431-445. 13-14 February 1985, Bruxelles.
- Ward L, Koenig R, Budge G, Garrido C, McGrath C, Stubbleby H, Boonham N, 2007. Occurrence of two different types of RNA-5-containing beet necrotic yellow vein virus in the UK. *Arch Virol* 152, 59-73.
- Wauters A, Keleman J, 1998. Economic and agronomic interest of nematode-resistant sugar beet varieties: Belgian experience from 1995 to 1998, 63-75.
- Wetzel V, Liebe S, Varrelmann M, 2019. Current status of rhizomania resistance in sugar beet, *Sugar Industry*, 144, 64-69.
- Whitney ED, Duffus IE, 1995. Rhizomania (Beet Necrotic Yellow Vein Virus). *Compendium of Beet Diseases and Insects*. The American Phytopathological Society, St. Paul, Minnesota, 29-30.
- Winner C, 1984. Viröse Wurzelbartigkeit (Rhizomania) der Beta-Rübe als Herausforderung Für Forschung und Resistenzzüchtung, *Zuckerindustrie*, 109, 113-120.