

Utjecaj klimatskih promjena na proizvodnju voća

Mžik, Ana

Undergraduate thesis / Završni rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:

**Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek /
Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:151:192568>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-31**



Sveučilište Josipa Jurja
Strossmayera u Osijeku

**Fakultet
agrobiotehničkih
znanosti Osijek**

Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Agrobiotechnical
Sciences Osijek - Repository of the Faculty of
Agrobiotechnical Sciences Osijek](#)



SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Ana Mžik

Preddiplomski stručni studij: Vinogradarstvo-Vinarstvo-Voćarstvo

**UTJECAJ KLIMATSKIH PROMJENA NA PROIZVODNJU
VOĆA**

Završni rad

Požega, 2023.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Ana Mžik

Preddiplomski stručni studij: Vinogradarstvo-Vinarstvo-Voćarstvo

**UTJECAJ KLIMATSKIH PROMJENA NA PROIZVODNJU
VOĆA**

Završni rad

Povjerenstvo za ocjenu završnog rada:

1. Prof.dr.sc. Aleksandar Stanisavljević, mentor
2. Dr.sc. Dejan Bošnjak, član
3. Tomislav Soldo, dipl.ing.agr.,v.pred., član

Požega, 2023.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

Završni rad

Preddiplomski stručni studij Vinogradarstvo-Vinarstvo-Voćarstvo

Ana Mžik

Utjecaj klimatskih promjena na proizvodnju voća

Sažetak:

Klimatske promjene pokazuju sve veći utjecaj na proizvodnju voća. Intenzivna vruća razdoblja tijekom vegetacije, blage zime i nemogućnost voćaka da skupe dovoljno hladnih jedinica tijekom mirovanja dovode do štetnih učinaka. U ovom radu istražujemo kako klimatske promjene utječu na proizvodnju voća i dajemo prijedloge mogućih rješenja za negativne učinke klimatskih promjena.

Ključne riječi: klimatske promjene, proizvodnja voća, hladne jedinice, mirovanja vegetacije

40 stranica, 6 grafikona i tablica, 4. slike, 18 literaturnih navoda

Završni rad je pohranjen u Knjižnici Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek i u digitalnom repozitoriju završnih i diplomatskih radova Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek

BASIC DOCUMENTATION CARD

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek
Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek

Final work

Undergraduate professional study Viticulture-enology-pomology

Petar Ferić

Impact of climate change on fruit production

Summary:

Climate change is showing an increasing impact on fruit production. Intense hot periods during the growing season, mild winters, and the impossibility of the fruit trees to collect sufficient chilling units during dormancy lead to adverse effects. In this paper, we investigate how climate change affects fruit production and provide suggestions for possible solutions for the negative impacts of climate change.

Keywords: climate change, fruit production, chilling units, dormancy

40 pages, 10 figures, 18 references

The final work is archived: in the Library of the Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek and in the digital repository of the Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek

SADRŽAJ :

| | |
|---|----|
| 1. UVOD..... | 1 |
| 2. PREGLED LITERATURE | 2 |
| 2.1. Promjene klimatskih elemenata u Republici Hrvatskoj..... | 2 |
| 2.1.1. Srednja godišnja temperatura | 2 |
| 2.1.2. <i>Oborine</i> | 3 |
| 2.1.3. Mraz..... | 4 |
| 2.2. Podjela Europe na klimatske zone | 5 |
| 2.3. Utjecaj temperature na fiziologiju voćaka | 7 |
| 2.3.1. Procesi tijekom mirovanja | 7 |
| 2.3.2. <i>Temperatura i vrijeme kretanja pupova</i> | 8 |
| 2.4. Biokemijski procesi tijekom mirovanja | 11 |
| 2.5. Modeli za predviđanje završetka mirovanja | 13 |
| 2.5.1 Utah model | 13 |
| 2.6. Utjecaj klimatskih promjena u voćarstvu | 14 |
| 2.6.1. Utjecaj temperaturnih promjena na proizvodnju voća | 14 |
| 2.6.2. Utjecaj suše i ekstremno visokih temperatura na proizvodnju voća | 17 |
| 2.6.3. Uvjeti nastanka sunčevih ožegotina na plodovima jabuka..... | 19 |
| 2.6.4. Utjecaj klimatskih promjena na bojanje plodova | 20 |
| 2.6.5. Fiziološko-biokemijski model sinteze boje | 21 |
| 2.6.6 Utjecaj okolinskih uvjeta na bojanje | 21 |
| 2.6.7. Utjecaj fizioloških faktora na bojanje..... | 23 |
| 2.7. Mogućnost utjecaja voćara na fiziološke procese u voćkama | 25 |
| 2.8. Mogućnost smanjenja stresa | 26 |
| 2.8.1. Kaolinska glina u zaštiti od sunčevih ožegotina i mrežavosti | 26 |
| 2.8.2. Kaolinska glina kao sredstvo za sniženje temperature i povećanje fotosinteze | 27 |
| 2.8.4. Ostale mogućnosti za unaprjeđenje bojanja | 29 |
| 2.9. Mogućnost zaštite od kasnih proljetnih mrazova..... | 31 |
| 2.9.1. Korištenje krioprotektanata i anti transpiranata | 31 |
| 2.9.2. Primjena regulatora rasta | 31 |

| | |
|---|----|
| 2.9.3. Orošavanje | 32 |
| 2.9.4. Primjena stop-gel svijeća..... | 32 |
| 2.9.5. Primjena mobilnog generatora topline | 33 |
| 2.9.6. Ventilatori za stvaranje zračne struje..... | 33 |
| 2.9.7. Metode produženja perioda mirovanja | 34 |
| 2.9.8. Korištenje hladne vodene magle..... | 34 |
| 2.10. Prilagodba agrotehničkih mjera i sistema uzgoja voća klimatskim promjenama... | 35 |
| 2.11. Voćnjak prilagođen klimatskim promjenama..... | 35 |
| 3. METODE RADA | 37 |
| 4. ZAKLJUČAK..... | 38 |
| 5. LITERATURA | 39 |

1. UVOD

Zadnjih dvadesetak godina jasno je primjetan trend klimatskih promjena, koje se očituju u povećanju srednjih godišnjih temperatura, pojavi blagih zima bez ili sa vrlo malo snježnog pokrivača. Vrlo je čest slučaj manjka oborina u vegetacijskom periodu, koji je potenciran ekstremnim sušama što stvara izuzetno stresne uvjete u rastu biljaka. Bilježimo i gotovo redovite pojave kasnih proljetnih mrazova kao i nestabilnih vjetrovitih i hladnih perioda u periodu cvatnje i oplodnje voćaka. Ovo u pravilu izaziva sve veće probleme u proizvodnji voća, od pojave ožegotina na plodovima, loše oplodnje, loše cvatnje uslijed nemogućnosti da voćke skupe dovoljnu sumu niskih temperatura, niskih i nestabilnih prinosa te posljedično velikih ekonomskih gubitaka u voćarskoj proizvodnji. Prema nekim predviđanjima, poljoprivreda je sektor koji će pretrpjeti najveće štete od posljedica klimatskih promjena. Očekuje se da će do 2050. godine, uslijed klimatskih promjena, prinos poljoprivrednih kultura u Republici Hrvatskoj biti smanjen za 3–8% (www.prilagodba-klimi.hr, 2023.). Utjecaj klimatskih promjena na voćke vjerojatno će biti štetniji u usporedbi s ratarskim usjevima budući da je sposobnost prilagodbe jednogodišnjih usjeva općenito veća od višegodišnjih kultura (Chawla i sur., 2021.).

Uočeno je da klimatske promjene već utječu na fenološke faze jabuka, vinove loze, masline. Vegetacija počinje ranije, traje kraće, a prinosi opadaju. Manjak vode u tlu i povišene temperature zraka u nadolazećem vremenu bit će dva ključna problema u borbi s klimatskim promjenama. Predviđa se i mogućnost introdukcije i uzgoja nekih novih kultura i sorti na područjima u kojima to do sada nije bilo moguće, čime bi se do neke mjere mogli amortizirati neki od gore navedenih negativnih utjecaja. U završnom radu obrađujemo probleme koje su u voćarskoj proizvodnji uzrokovale klimatske promjene, te nudimo potencijalne agrotehničke, pomotehničke i agrikulturne prijedloge kako bi se do neke mjere umanjio utjecaj klimatskih promjena na voćarsku proizvodnju.

2. PREGLED LITERATURE

2.1. Promjene klimatskih elemenata u Republici Hrvatskoj

2.1.1. Srednja godišnja temperatura

U RH bilježimo slabije ili izraženije povećanje srednjih godišnjih temperatura. Taj trend povećanja je prisutan osobito u posljednjih 25 god. Trendovi povećanja srednje godišnje temperature su statistički značajni na svim mjernim postajama ako pratimo vrijednosti zadnjih 50 godina. Prema petom nacionalnom izvješću Republike Hrvatske prema Okvirnoj konvenciji Ujedinjenih naroda o promjeni klime (UNFCCC), najveći doprinos pozitivnom trendu temperature u kontinentalnom dijelu Hrvatske su dali zimski trendovi (Tablica 1.) (+0,06°C u Osijeku, +0,13°C u Zagrebu i Gospiću), a na Jadranu ljetni (+0,13°C u Crikvenici i +0,07°C u Hvaru) (www.klima.hr, 2023.).

Posljedica ubrzanog zagrijavanja atmosfere u posljednjem razdoblju uzrokom je da je od deset najtoplijih godina od početka 20. stoljeća, od 2000. godine zabilježeno 7 u Zagrebu, 6 u Gospiću i Crikvenici, 5 u Hvaru i 4 u Osijeku (www.klima.hr, 2023.).

Tabl.1.- Trendovi srednje godišnje temperature zraka za 108- 100-, 75-, 50- i 25- godišnje razdoblje. Podebljani su trendovi signifikantni na razini 5%. (Izvor: [Microsoft Word - Klimatske promjene internet.doc](#))

| | Osijek | Zagreb-Grič | Gospić | Crikvenica | Hvar |
|------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 1901-2008 (108g) | +0.05 | +0.10 | +0.06 | +0.09 | +0.06 |
| 1909-2008 (100g) | +0.04 | +0.09 | +0.07 | +0.08 | +0.05 |
| 1934-2008 (75g) | +0.05 | +0.13 | +0.09 | +0.05 | +0.06 |
| 1959-2008 (50g) | +0.23 | +0.34 | +0.32 | +0.28 | +0.12 |
| 1984-2008 (25g) | +0.52 | +0.75 | +0.69 | +0.75 | +0.35 |

Osim što je primjetan trend povećanja srednjih godišnjih temperatura, još veći problem u proizvodnji voća predstavlja nam pojava ekstremno vrućih dana koja je sve više izražena u vegetacijskom periodu voćaka od 3-10 mjeseca (Tablica 2.). Ovo uzrokuje velike štete na plodovima voća uslijed stresa i pojava ožegotina.

Tablica.2. - Deset najtoplijih godina. Podebljano su označene godine iz razdoblja 1991- 2008. (

Izvor: [Microsoft Word - Klimatske promjene internet.doc](#))

| Osijek | | Zagreb-Grič | | Gospić | | Crikvenica | | Hvar | |
|---------------|-------------|--------------------|-------------|---------------|-------------|-------------------|-------------|-------------|-------------|
| god | °C | god | °C | god | °C | god | °C | god | °C |
| 2000 | 12.9 | 2000 | 13.8 | 2000 | 10.5 | 1950 | 16.0 | 1945 | 19.2 |
| 2008 | 12.5 | 2007 | 13.6 | 2008 | 10.4 | 2000 | 15.9 | 1994 | 17.5 |
| 2007 | 12.4 | 2008 | 13.4 | 2007 | 10.3 | 2007 | 15.9 | 2003 | 17.4 |
| 1992 | 12.3 | 1994 | 13.3 | 1994 | 9.9 | 2008 | 15.8 | 2000 | 17.4 |
| 1994 | 12.2 | 2002 | 13.2 | 2002 | 9.9 | 2003 | 15.8 | 1930 | 17.3 |
| 1934 | 12.2 | 1992 | 13.0 | 1951 | 9.9 | 1951 | 15.7 | 2008 | 17.3 |
| 1916 | 12.1 | 2003 | 12.9 | 1947 | 9.9 | 1949 | 15.7 | 2007 | 17.3 |
| 1951 | 12.1 | 2006 | 12.7 | 1928 | 9.8 | 2002 | 15.7 | 1950 | 17.3 |
| 2002 | 12.1 | 2001 | 12.7 | 2003 | 9.8 | 1943 | 15.6 | 2002 | 17.3 |
| 1927 | 11.9 | 1950 | 12.7 | 2001 | 9.7 | 2001 | 15.6 | 1947 | 17.1 |

2.1.2. Oborine

Uz generalno smanjenje godišnjih oborina od 2000 god., bilježi se trend povećane varijabilnosti ukupne količine godišnjih oborina iz godine u godinu. U pravilu se bilježe ekstremno sušni periodi u aktivnoj vegetaciji što dovodi do velikih šteta u voćarskoj proizvodnji uslijed gubitaka u prinosu i izraženog vodnog stresa (fiziološke bolesti voćaka). Bilježi se i značajno smanjenje snježnih oborina u zimskom periodu. Kako se jasno navodi u petom nacionalnom izvješću Republike Hrvatske prema Okvirnoj konvenciji Ujedinjenih naroda (Tablica 3.) o promjeni klime (UNFCCC), trend smanjenja oborina jače je izražen na Jadranu (Crikvenica: -1.8% na 10god, statistički signifikantno i Hvar: - 1.2% na 10god), nego u unutrašnjosti (brdsko zaleđe – Gospić: -0.8% na 10god, istočna Slavonija, Osijek: -1.3% na 10god, sjeverozapadna Hrvatska, Zagreb-Grič: -0.3% na 10god) (www.klima.hr, 2023.).

Tabl. 3 - Deset najsušnijih godina. Podebljano su označene godine iz razdoblja 1991-2008.

([Microsoft Word - Klimatske promjene internet.doc](#))

| Osijek | | Zagreb-Grič | | Gospić # | | Crikvenica | | Hvar | |
|---------------|------------|--------------------|------------|-----------------|-------------|-------------------|------------|-------------|------------|
| god | mm | god | mm | god | mm | god | mm | god | mm |
| 2000 | 316 | 1949 | 581 | 1983 | 910 | 1949 | 704 | 1983 | 384 |
| 1921 | 422 | 1973 | 607 | 1953 | 973 | 1945 | 726 | 2003 | 431 |
| 1983 | 467 | 1971 | 616 | 1949 | 1085 | 2003 | 752 | 1989 | 444 |
| 1947 | 494 | 1927 | 624 | 1971 | 1091 | 1953 | 786 | 1913 | 461 |
| 1953 | 500 | 2003 | 624 | 2003 | 1099 | 1971 | 835 | 1903 | 479 |
| 1949 | 505 | 1921 | 651 | 2007 | 1109 | 1973 | 842 | 1977 | 496 |
| 2003 | 517 | 1946 | 665 | 1989 | 1119 | 1956 | 850 | 1938 | 505 |
| 1971 | 519 | 1942 | 671 | 1994 | 1121 | 1921 | 861 | 1946 | 542 |
| 1928 | 522 | 1938 | 688 | 1975 | 1135 | 1983 | 877 | 1950 | 557 |
| 1924 | 523 | 1911 | 691 | 1946 | 1136 | 1920 | 882 | 1992 | 563 |

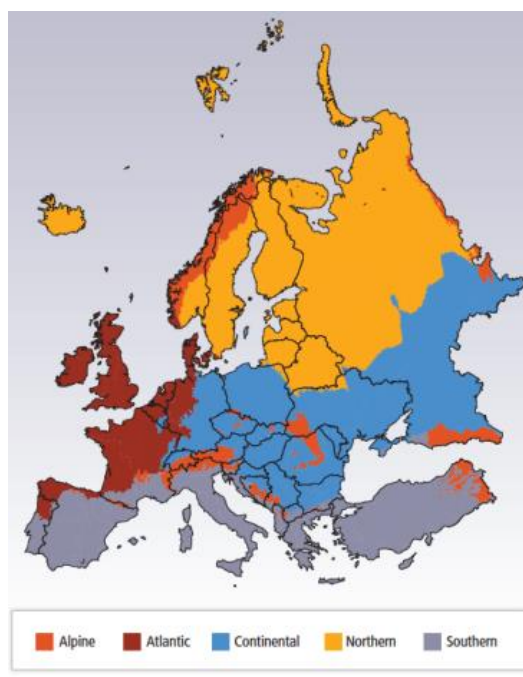
2.1.3. Mraz

U zadnjoj dekadi bilježimo sve veću frekvenciju kasnih proljetnih mrazova, koji rade izrazite štete na voćnim vrstama a pogotovo na ranije cvatućim, poput marelica, ili šljiva. Jedan od razloga ovako izrazitim štetama je temperaturno blaga zima u periodu veljače i ožujka koja dovodi do kretanja vegetacije ranijih voćnih vrsta te u pravilu hladniji period sa mraznim događajem biva u travnju, kada su rane voćke u punoj cvatnji ili precvjetavanju i kao takve najosjetljivije na niske temperature.

2.2. Podjela Europe na klimatske zone

Prema Metzger i sur. (2005.) danas je Europska regija podijeljena na pet klimatskih zona (Slika 1.) ili pod regija, a na temelju agregiranja klimatskih zona, i to na alpsku, atlantsku, kontinentalnu, sjevernu i južnu.

Prema ovoj podjeli Hrvatsku presijeca granica između dvije klimatske pod regije, kontinentalne i južne (www.ipcc.ch, 2023.).



Slika 1. - Klimatske zone u Europi (Izvor: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WGIIAR5-Chap23_FINAL.pdf)

U tablici 4 prikazane su potrebe za niskim temperaturama za pojedine voćne vrste. Poznavajući ove vrijednosti i njihovom usporedbom sa prosječnom klimom područja u kojem se želimo baviti voćarstvom, biti će moguće odabrati prikladne voćne vrste. Ipak je potrebno napomenuti da se potrebe za niskim temperaturama mogu znatno razlikovati i unutar sorti ili klonova jedne vrste, tako da je još važnije poznavati specifične potrebe za niskim temperaturama od strane svake sorte.

Nažalost kod nas u Hrvatskoj nema puno relevantnih istraživanja o potrebama pojedinih sorti unutar određene voćne vrste za hladnim jedinicama, osim nekoliko istraživanja na različitim sortama jabuke što ćemo i spomenuti u ovom završnom radu.

Tablica.4. - Potrebe za hladnim jedinicama za različite voćne vrste (Izvor: autor)

| Voćna vrsta | Procijenjeni sati hladnih jedinica | Ekvivalent u danima ili tjednima kontinuiranog izlaganja voćaka na temperaturi ispod 7.2 C |
|-------------------|------------------------------------|--|
| Bajam | 200-300 | 8-13 dana |
| Jabuka | 1200-1500 | 7-9 tjedana |
| Marelisa | 700-1000 | 4-6 tjedana |
| Višnja | 1200 | 7 tjedana |
| Trešnja | 1100-1300 | 6-8 tjedana |
| Kesten | 300-400 | 2-3 tjedna |
| Lješnjak | 1500 | 9 tjedana |
| Kivi | 600-850 | 3,5 - 5 tjedana |
| Maslina | 200-300 | 8-13 dana |
| Breskva/Nektarina | 650-850 | 4-5 tjedana |
| Kruška | 1200-1500 | 7-9 tjedana |
| Pekan | 400-500 | 3-4 tjedna |
| Kaki | < 100 | 4 dana |
| Tršlja | 1000 | 6 tjedana |
| Američka šljiva | 3600 | 5 mjeseci |
| Europska šljiva | 800-1100 | 5-6 tjedana |
| Japanska šljiva | 700-1000 | 4-6 tjedana |

Iz tablice 5. možemo vidjeti koliko mogu biti različite potrebe za hladnim i toplim jedinicama koje pojedine sorte trešanja trebaju akumulirati kako bi mogle nesmetano ući u cvatnju. Ova činjenica nam govori kako je neophodno poznavati pojedinačne zahtjeve neke sorte prema hladnim i toplim jedinicama kako bi vidjeli dali se potencijalna sorta koju uvodimo iz drugog klimatskog područja može uzgajati na određenom lokalitetu.

Tab.5. - Potrebe za hladnim i toplim jedinicama za različite sorte trešanja (Izvor: autor)

| Sorta | Potrebe za hladnim jedinicama | | Potrebe za toplim jedinicama |
|-------------|-------------------------------|----------|------------------------------|
| | CH | CU | GDH |
| Bing | 1000-1100 | 1082+-27 | |
| Burlat | 618 | 806 | 8750,2 |
| Hedelfingen | >1100 | | |
| Kordia | 700-750 | 150 | 14000 |
| Lambert | >1100 | | |
| Lapins | 400-450 | | 15500-16000 |
| Summit | 650 | 125 | 16000 |
| New Star | 709 | 909 | 8257 |

2.3. Utjecaj temperature na fiziologiju voćaka

2.3.1. Procesi tijekom mirovanja

Na sve unutrašnje promjene koje se događaju u biljci tijekom mirovanja, najveći utjecaj imaju okolinski faktori tijekom perioda jesen – zima (Ryu i sur. 2012.). Ova faza mirovanja priprema osjetljiva tkiva voćke, da bez većih šokova prođu period nepovoljnih vremenskih uvjeta. Temperatura ima najveći utjecaj na pokretanje i prestanak perioda mirovanja od svih okolinskih uvjeta (Ryu i sur. 2012.). Ali značajan utjecaj imaju i intenzitet svjetla, voda u tlu i biljci, te apikalna dominacija vršnih pupova Lang i sur. (1987.) predložili su da se period mirovanja podijeli u tri faze, paradormantnost (lažno mirovanje), endodormantnost i ekodormantnost.

Kako bi voćka u proljeće mogla nesmetano krenuti u vegetaciju i plodonošenje, ona ove tri faze mirovanja mora proći bez šokova. Ako za prvi primjer uzmemo uzgoj sorti koje su voćari zbog svojih dobrih tržišnih osobina uveli u proizvodnju iz područja umjerene klime u područje toplije klime, dolazimo do sljedećih problema:

Ryu i sur, (2012.) navode kako sorte iz umjerenih klimata imaju veće potrebe za akumuliranim niskim temperaturama u periodu mirovanja i kada dođu u uvjete gdje ne mogu akumulirati dovoljnu sumu niskih temperatura, pokazuju se ozbiljni nedostaci. Ove voćke kasne sa pupanjem i listanjem, cvatnja je slaba zbog abortiranja velikog postotka cvjetova te nije ujednačena, dok je listanje također slabo, jer mnogi postrani pupovi ne mogu krenuti u vegetaciju.

Ovo dovodi do slabe i nedovoljne oplodnje, a oplodeni plodovi pokazuju deformacije u obliku, te ne postoji dovoljno krenulih lisnih pupova koji bi postigli dostatan lisni volumen za proizvodnju kvalitetnih i krupnih plodova (Ryu i sur. 2012.). U konačnici dolazi do neisplativosti i nemogućnosti proizvodnje takvih sorti. Ryu i sur. (2012.) također navode kako su tradicionalni kultivari uzgajani u toplijim klimatima, kroz godine bili selekcionirani i oplemenjivani na niže potrebe za inaktivnim temperaturama i nisu pokazivali, ili pokazuju tek manje negativne efekte uslijed zatopljenja klime, tijekom perioda mirovanja.

U sušnijim klimatima su se razvile i agrotehničke prakse korištenja kemijskih sredstava koji imaju ulogu prekidanja mirovanja, ali se najčešće primjenjuje kombinacija pogodnog kultivara, sa kemijskim metodama. Ove okolnosti su ipak i u toplim klimatima omogućavale pristojnu proizvodnju, ali se dolaskom sve sušnijih i toplijih godina u ovim klimatima, primjećuju prvi ozbiljniji problemi u proizvodnji jabuka i krušaka.

2.3.2. Temperatura i vrijeme kretanja pupova

Vrijeme kretanja pupova ovisi o dva različita temperaturna procesa, akumulaciji potrebne sume niskih temperatura (do razine potrebne za dovršetak faze mirovanja), te akumulaciji toplih jedinica (postizanjem ove sume, pupovi kreću u cvjetanje i listanje).

Zimsko mirovanje voćaka započinje opadanjem lišća, a završava kolanjem sokova i bubrenjem pupova. Tijekom zimskog mirovanja prestaje vidljiv rast nadzemnih dijelova biljke, međutim, sustav korijenja tada ima intenzivan rast. U zimskom mirovanju biljka mora skupiti dovoljno hladnih jedinica mirovanja (eng. chill units, CU) i jedinica prirasta (eng. growing-degree-hour GDH), kako bi u proljeće mogla nastaviti normalno sa svojim razvojem.

Potrebe za hladnim jedinicama se razlikuju od sorte do sorte značajno, pa čak i unutar klonova iste sorte. Isto tako postrani vegetativni i generativni pupovi imaju različite zahtjeve za količinom hladnih jedinica. Petri i sur. (2002.) proveli su pokus u Brazilu na sorti kruške Nashi. Ove kruške uzgojene u blagim zimskim uvjetima imaju produljeno razdoblje cvatnje, pucanja pupova i vegetativnog rasta u usporedbi s kruškama uzgojenim u normalnim zimskim uvjetima. Uz blagu zimu, Nashi kruške razvijaju fiziološki poremećaj koji je povezan sa smanjenjem broja cvjetova po cvjetnom pupu. U pokusima se pokazalo da su akumulirane temperature od 3 do 10°C jednako učinkovite kao i temperature od 5°C. Prekid akumulacije hladnih jedinica negativno utječe na kretanje pupova.

Postrani pupovi zahtijevaju puno veću količinu hladnih jedinica u odnosu na vršne pupove. Ovo se dovodi u direktnu vezu sa izraženijom apikalnom dominacijom u vršnim pupovima. Ova činjenica nam daje mogućnost da selekcijom sorti akrotoničnog tipa rađanja (rađanje na vršnim pupovima), stvorimo klonove koji će imati jako nisku ili srednje nisku potrebu za hladnim jedinicama. Isto tako, postoji razlika između vrsta pupova. Lisni pupovi zahtijevaju dosta više hladnih jedinica od cvjetnih pupova. Zbog ove činjenice, modele za praćenje trenutka izlaska iz mirovanja trebati će razvijati na temelju istraživanja lisnih pupova, jer u protivnom ne bismo imali dovoljan vegetativni volumen, koji bi omogućio kvalitetan i dostatan prinos.

Yamamoto i sur. (2010.) istražuju efekt sume hladnih jedinica na kretanje i kvalitetu pupova japanskih sorti krušaka (Slika 2.) i utvrđuju lošiju kvalitetu pupova te manji broj cvjetova po pupu na sortama koje nisu skupile dovoljnu sumu niskih temperatura.



Slika 2. - Fotografije dobivene digitalnim mikroskopiranjem cvjetnih pupova uzorkovanih u veljači na kruškama uzgojenim u prirodnim uvjetima (A) i pod umjetnim uvjetima blage zime (B). S lijeva na desno: normalni pupoljak; nakon uklanjanja 4, 8, svih 12 ljuski i unutarnjih ljuski. (Izvor: Yamamoto, 2010. <https://www.intechopen.com/chapters/39171>)

Hawerroth i sur. (2013.) naglašavaju kako je temperatura glavni klimatski čimbenik povezan s mirovanjem jabuka (*Malus domestica* Borkh.). Neadekvatna izloženost jabuka potrebnoj sumi hladnih jedinica uzrokuje probleme s kretanjem pupova, što rezultira smanjenjem prinosa. Oni su proveli pokus izlaganja različitim sumama hladnih jedinica na sortama jabuka 'Castel Gala' i 'Royal Gala', cijepljenih na podlogu M7. Bile su izložene temperaturama od 5, 10 i 15 °C u različitim sumama, a nakon izvođenja tretmana biljke su držane u stakleniku na 25 °C. Sorte su različito reagirale na utjecaj sume temperatura tijekom zimskog razdoblja.

Temperatura od 15 °C tijekom zime pokazuje veću učinkovitost kod sorte jabuke 'Castel Gala', dok kod jabuke 'Royal Gala' temperature od 5 i 10 °C pokazuju bolju učinkovitost.

Sorta 'Castel Gala' ima niže zahtjeve za hladnim jedinicama što objašnjava činjenicu da je bolje reagirala na izloženost zimskim temperaturama od 15 °C (Hawerth i sur., 2013.).

U Njemačkoj fenološke faze prirodne vegetacije, voćaka i ratarskih usjeva nastupaju ranije u posljednjem desetljeću 20. stoljeća, a najjači pomak u ranijem razvoju biljaka dogodio kod vrlo ranih proljetnih fenofaza razvoja. Do sada su promjene u razvoju biljaka još uvijek umjerene, ali daljnje klimatske promjene vjerojatno će povećati učinak na biljke, tako da su u budućnosti vjerojatni jači utjecaji na prinose voća i usjeva (Chimievski i sur., 2004.). Kod većine voćaka općenito viša temperatura smanjila je razmak dana potreban za cvatnju smanjivanjem vegetativne faze (Haokip i sur., 2019.).

2.4. Biokemijski procesi tijekom mirovanja

Tijekom mirovanja, nekoliko procesa u biljkama odvija se istovremeno. Modificira se dinamika vodnog režima i ugljikohidrata, hormonski balans te sadržaj pojedinih komponenti (Ryu i sur. 2012.). Niske temperature povezuju se sa promjenama u sadržaju ugljikohidrata, nukleinskih kiselina, aminokiselina, kao i sa razinom disanja, koja je opet povezana sa vremenom otvaranja pupova i vremenom cvatnje. Glavni utjecaj ide preko direktnog utjecaja temperature na biokemijske procese u biljci. Dostupnost ugljikohidrata je vjerojatno od glavnog značaja za kontrolu rasta i razvoja pupova tijekom mirovanja i može biti u vezi sa lošom kvalitetom pupova (Ryu i sur. 2012.). Škrob koji je akumuliran u rezervnom tkivu tijekom vegetacije, pretvara se u topljive šećere tijekom zimskog mirovanja. Ovo se objašnjava činjenicom da je pod utjecajem akumulacije nižih temperatura, aktivnost enzima hidrolaze povećana pa se pojačava hidroliza škroba i koncentracija topivih šećera. Neposredno prije kretanja vegetacije zabilježen je u vršnim pupovima nagli porast šećera saharoze i smanjenje sadržaja škroba.

Izgleda da globalne klimatske promjene mogu znatno utjecati na biljnu fenologiju, gdje temperatura utječe i sama, i kroz interakciju sa drugim faktorima poput fotoperiodizma. Prosječne temperature zraka u posljednjih 30 godina rasle su za 0.3° C po desetljeću. Dobro razumijevanje utjecaja ovih promjena na uzgoj voća, od velikog je značaja za daljnji razvoj voćarstva. Već su do sada zabilježene velike ekonomske štete od ovog utjecaja na kruškama u Brazilu (Petri i sur., 2002).

Primijećeno je i da u situacijama kada tijekom mirovanja imamo nagle veće skokove temperatura, od 27°C na više, dolazi do produžavanja perioda mirovanja u odnosu na blaže oscilacije temperatura (2-3°C). Značajka male akumulacije nižih temperatura je i prolongirana i loše sinkronizirana cvatnja, što rezultira u velikom nesrazmjeru u veličini plodova za vrijeme berbe.

U zadnje vrijeme se sve više proučava dinamika kretanja vode u biljci i pupovima tijekom faze zimskog mirovanja, i njen utjecaj na promjene u kretanju i kvaliteti pupova. Pronađeno je da se prelaskom biljke iz faze unutrašnjeg mirovanja u fazu ekološkog mirovanja događa da vezana voda prelazi u slobodnu vodu (Ryu i sur. 2012.). Prema ovim istraživanjima jasno je da i trenutni status vode u biljci ima znatan utjecaj na kraj perioda mirovanja i početak kretanja pupova. Potrebno je također razmišljati o scenarijima ukoliko se nastave produženi periodi blage zime, tj. o mogućnosti introdukcije sorti koje imaju manje potrebe za hladnim jedinicama u područja uzgoja sa karakteristikama blažih zima.

Osim što bilježimo sve ranije početke vegetacije, u zadnjem periodu bilježimo i znatnija produženja vegetacije. Na sortama jabuka na području Baranje, bilježi se sve veći postotak vršnih cvjetnih pupova koji prorastaju (Slika 3.) (retro vegetacija), te imamo direktan gubitak određenog postotka cvjetnih pupova. Ovi slučajevi, možda bi se mogli dovesti u vezu sa iznadprosječno toplom jeseni. To su i prve naznake mogućih problema do kojih bi moglo doći ukoliko bi se trend povećanja temperatura u jesenskom periodu i dalje nastavio. Mi nažalost još nismo u mogućnosti da predviđamo kakva će biti budućnost, glede klimatskih promjena, ali dosadašnja saznanja svakako nam mogu biti orijentiri, te je potrebno istraživati klimu i sve promjene vezane uz nju kako bi na vrijeme mogli reagirati i prilagoditi se mogućim novim okolnostima, bez negativnih posljedica na proizvodnju voća.



Slika 3. Vršni cvjetni pup jabuke Idared u retro vegetaciji

2.5. Modeli za predviđanje završetka mirovanja

2.5.1 Utah model

Većina modela za određivanje završetka mirovanja razvila se na temelju praćenja vrijednosti za koštičavo voće. Prvi modeli sumirali su vrijednost temperature ispod 7,2 °C, ili između 0°C i 7,2 °C. Jedan od poznatijih modela je Utah model, koji je za breskve razvio prof. Richardson sa suradnicima 1974 god (Tablica). Prema Richardson i sur. (1974), temperature između 0 i 16 °C pospješuju prekid mirovanja, dok temperature > 16 °C negiraju takve učinke. Maksimalna promocija prekida mirovanja događa se na 7 °C (1 h na 7 °C = 1 rashladna jedinica) a više i niže temperature u rasponu (0-16 °C) su manje učinkovite. Model pretpostavlja da se akumulacija hladnih jedinica događa unutar temperaturnog raspona od 1,4 i 12,5°C, a izvan ovog raspona akumulacija je nula ili negativna (Richardson i sur., 1974.). Ovaj model, daje dobre rezultate u hladnoj i umjerenj klimi, dok je u suptropskoj klimi njegova uporaba i primjena ograničena.

Tab.6 – Utah model temperatura (Izvor: https://www.researchgate.net/publication/284288130_A_model_for_estimating_the_completion_of_rest_for_'Redhaven'_and_'Elberta'_Peach_Trees)

| Temperature °C | Richardson Chill units contributed |
|----------------|------------------------------------|
| <1.4 | 0 |
| 1.4 - 2.4 | 0.5 |
| 2.5 - 9.1 | 1 |
| 9.2 - 12.4 | 0.5 |
| 12.5 - 15.9 | 0 |
| 16 - 18 | -0.5 |
| >18 | -1 |

2.6. Utjecaj klimatskih promjena u voćarstvu

2.6.1. Utjecaj temperaturnih promjena na proizvodnju voća

Parametri koje je bitno poznavati vezano za klimatski element temperature jesu prosječna srednja godišnja temperatura neke lokacije, a još važniji podatak je srednja godišnja temperatura u periodu vegetacije. Period vegetacije definiramo kao period u danima, kada je srednja dnevna temperatura veća od + 5 ° C (fiziološka nula). Danas smatramo da bi za uspješnu organsku proizvodnju voća broj vegetacijskih dana trebao iznositi preko 235 dana. U središnjoj Europi granica za intenzivnu proizvodnju voća leži na liniji gdje stabla jabuka u prosjeku počinju sa cvatnjom prije 15. - 20. svibnja. Hrvatska generalno, kada je riječ o pogodnosti za uzgoj voća i vinove loze ima povoljniju klimu ali je isto tako primjetno da se prosječne temperaturne vrijednosti mijenjaju u zadnjih nekoliko dekada. Evidentno je da se slijedom klimatskih promjena događaju i promjene u vremenu kretanja vegetacije kod svih voćnih vrsta, a ovo je najviše istraženo na jabukama i vinovoj lozi.

Kako bi procijenili dugoročne trendove u akumulaciji hladnih jedinica tijekom mirovanja, Baldocchi i sur., (2008.) razvili su algoritam koji pretvara podatke iz dnevne maksimalne i minimalne temperature u akumulirane sate zimske hladnoće i zbroj sati hladnoće. Ovi izračuni akumulacije hladnih sati testirani su i potvrđeni izravnim mjerenjima. Otkrili su da se godišnja akumulacija zimskih hladnih sati i hladnih stupnjeva smanjuje u regijama uzgoja voća i orašastih plodova u Kaliforniji. Promatrani trendovi zimske hladnoće kreću se između -50 i -260 hladnih

sati po desetljeću. Također su primijenili analitički algoritam za projiciranje budućih trendova u promjenama akumuliranih hladnih jedinica, koristeći regionalne klimatske projekcije temperature za tri regije u Kaliforniji. Projicirane stope smanjenja sume hladnih jedinica, za razdoblje između 1950. i 2100., su reda veličine -40 h po desetljeću. Očekuje se da će do kraja 21. stoljeća voćnjaci u Kaliforniji imati manje od 500 hladnih sati u zimskom mirovanju u odnosu na sadašnju situaciju. Očekuje se da će ovo postojano smanjenje godišnje sume hladnih jedinica imati štetan ekonomski učinak na proizvodnju voća i orašastih plodova u Kaliforniji do kraja 21. stoljeća (Baldocchi i sur., 2008.).

Na jabukama i vinovoj lozi bilježimo raniji ulazak u vegetaciju kao i ranije dozrijevanje. Koliko je bitno povesti računa o odabiru voćne vrste kao i odabrati pogodnu sortu unutar vrste najbolje nam pokazuje istraživanje o utjecaju klimatskih promjena na uzgoj jabuka u Hrvatskoj koje je provedeno 2011 godine od strane Krulić i Vučetić (2011.), koji u svom radu istražuju utjecaj klimatskih promjena na šest različitih sorti jabuke: tri jesenske starinske sorte (Bobovec, Kanada i Kolačarka), dvije jesenske novije sorte (Jonatan i Zlatni delišes), te najranija ljetna sorta Petrovača.

Prema Krulić i Vučetić (2011.) u unutrašnjosti Hrvatske vegetacija različitih sorti jabuke počinje u prvoj polovici travnja, a završava u prvoj polovici studenoga. U gorskoj Hrvatskoj početak vegetacije pomaknut je prema kraju travnja, a završava početkom studenoga.

Najraniji početak vegetacije zapažen je u primorskoj Hrvatskoj gdje vegetacijsko razdoblje počinje krajem ožujka i traje skroz do kraja studenoga. Analiza linearnih trendova fenoloških faza različitih sorti jabuke za odabrane postaje u Hrvatskoj pokazala je signifikantan raniji početak listanja i cvjetanja.

Raniji početak vegetacijskog razdoblja najizraženiji je u gorskoj Hrvatskoj, gdje je zamijećen raniji početak listanja i cvjetanja 36 dana/10 god. Te varijacije su posljedica povećanja osunčavanja zimi i u proljeće što uzrokuje povećanje srednjih zimskih minimalnih i proljetnih maksimalnih temperatura zraka. Uočene su neke promjene u duljini vegetacijskog razdoblja u ovisnosti od sorti posljednja tri desetljeća.

Prema Krulić i Vučetić (2011.) pokazalo se da je kod svih sorata jabuke početak vegetacije pomaknut ranije u proljeće, ali kod jesenskih starih sorata dogodilo se da su one i ranije završile vegetaciju, te se nije bitno promijenila duljina vegetacije.

Tendencija produljenja vegetacije jabuke petrovače u posljednja tri desetljeća uočava se samo na sjevernom Jadranu, ali ne i u Dalmaciji. Jesenske novije sorte jabuke pokazuju veću osjetljivost na promjenu duljine vegetacijskog razdoblja tijekom posljednja tri desetljeća.

Tako je u kontinentalnoj Hrvatskoj primijećeno njeno skraćivanje, a u gorskoj Hrvatskoj produljenje. To je i u skladu s klimatskim promjenama, odnosno signifikantnim povećanjem temperature zraka posljednjih desetljeća.

Poznato je da su klimatski uvjeti u središnjoj Hrvatskoj vrlo povoljni za kvalitetan uzgoj jabuka. Međutim, porast temperature zraka i tendencija skraćivanja vegetacijskog razdoblja jabuke u tom dijelu Hrvatske, sve više će ugrožavati kvalitetan uzgoj jabuka na tom području. Budući da je vegetacijsko razdoblje u gorskoj Hrvatskoj najkraće u odnosu na ostatak Hrvatske, tendencija njegovog produljenja zbog zatopljenja, ukazuje na mogućnost sve povoljnijeg uzgoja jabuka na tom području (Krulić i Vučetić, 2011.).

Primjenom satnih vrijednosti temperature zraka i fenoloških podataka testiran je model Utah u različitim klimatskim zonama Hrvatske. Pokazalo se da je model dobar pokazatelj je li neko podneblje povoljno za uzgoj jabuke. Određivanjem hladnih jedinica i jedinica prirasta na temelju višegodišnjih prosjeka određeno je u različitim klimatskim zonama koliko je prosječno potrebno hladnih jedinica da bi biljka u proljeće mogla početi normalno sa svojom vegetacijom.

Na Hvaru je procijenjeno najmanje hladnih jedinica što je potpuno u skladu s činjenicom da dalmatinsko područje nije povoljno za uzgoj jabuka. Iz rezultata ovoga istraživanja vidljivo je da model Utah svoju primjenu može pronaći u voćarstvu jer je od velike važnosti za voćare znati procjenu hladnih jedinica i jedinica prirasta koje voćka mora ispuniti da bi ona u proljeće mogla normalno nastaviti sa svojim rastom i razvojem (Krulić i Vučetić, 2011.).

U gore navedenom radu Krulić i Vučetić (2011.) su određivali hladne jedinice samo za jabuku, ali ovakav tip modela može se primijeniti i na druge voćke. Iako bi bilo poželjno imati dulji niz satnih vrijednosti temperature zraka, rezultati dobiveni primjenom Utah modela mogu poslužiti kao dobra smjernica za određivanje je li neko područje pogodno za uzgoj određenih kultura.

2.6.2. Utjecaj suše i ekstremno visokih temperatura na proizvodnju voća

Zadnjih sezona svjedoci smo sve učestalijih sušnih perioda u vrijeme odvijanja intenzivnog rasta i razvoja jabuka. Ne samo da se radi o sušnim periodima, već su temperature ekstremno visoke kroz duže periode, što izaziva za biljku izrazito stresne uvjete kroz koje mora proći, te uvelike umanjuje kvalitet plodova. Na području Osijeka i Baranje 2011 god. bilježene su velike štete na plodovima od ožegotina, sa štetama i preko 35% na pojedinim sortama, posebno u voćnjacima bez zaštitnih mreža, a voćari su imali i velike probleme sa bojanjem plodova.. To je bila izuzetno loša proizvodna godina jer su bilježene i velike štete od ostalih fizioloških oštećenja (gorke pjege, staklavost plodova, pucanje plodova, posmeđenja plodova).

Da bi bolje razumjeli utjecaj suše na proizvodnju jabuka, potrebno je poznavati njene zahtjeve prema količini i rasporedu oborina u pojedinim fazama razvoja i rasta ploda. Zbog ove činjenice, jabuka će različito reagirati na nedostatak vode u pojedinim fazama razvoja. U sušnim uvjetima, razina fotosinteze se može reducirati za 20 %, a u ekstremnim i znatno više, te se smanjuje produkcija drveta, te rast i razvoj plodova. Cvjetni pupovi kod jabuke se primarno iniciraju kroz prvih 50-ak dana nakon cvatnje, tako da rani sušni period, posebno u kombinaciji sa velikim opterećenjem rodnom, može rezultirati lošom inicijacijom cvjetnih pupova. Rast plodova tijekom prvih 50 dana od cvatnje, uglavnom je uvjetovan diobom stanica u plodu, a zatim plod raste na račun proširenja tih stanica. Rana suša je najštetnija za rast plodova, jer se u tom periodu odvija dioba stanica u plodu, a veličina ploda je u izravnoj korelaciji sa brojem stanica.

Stres izazvan sušom tijekom sredine sezone smanjiti će porast izboja. Glavni prirast drveta i korijenovog sustava, odvija se krajem ljeta i u jesen, tako da će suša u ovom periodu znatnije umanjiti porast debla i korijena, što je jako bitno za mlada stabla na kojima tek formiramo uzgojni oblik i koja trebaju imati dobar prirast.

Značajan dio koji definira kvalitetu plodova je i obojanost plodova, koja im daje tržišnu vrijednost. U stresnim uvjetima izazvanim sušom, umanjeno je i bojanje plodova. Dakle, sve što usporava fotosintezu, može rezultirati otežanim bojanjem. Antocijani, flavonoidi, karotenoidi su glavne kemijske supstance koje sudjeluju u izgradnji boje.

Antocijan je najbitnija supstanca u formiranju crvene boje, nalazi se u koži ploda, te mu se količina uveća tijekom dozrijevanja pojedinih sorti i do 5-puta. Biokemijski put koji dovodi do proizvodnje antocijana, izrazito ovisi o dostupnosti ugljikohidrata i enzima, tako da su okolinski uvjeti direktno u sprezi sa fiziološkim činiteljima kada je riječ o proizvodnji antocijana. Niske temperature noću, omogućuju bolje bojanje, jer smanjuju gubitak ugljikohidrata u koži ploda, reducirajući respiraciju, tako da ostaje više ugljikohidrata za sintezu antocijana.

Skladišna sposobnost jabuka izravno ovisi o sadržaju škroba u plodu. Škrob se u plodu nakuplja kroz period rasta ploda, a zatim se početkom dozrijevanja pretvara u šećere. Pohranjeni škrob u plodu je izvor energije za plod u hladnjači, pa se jabuke ubrane sa malom rezervom škroba ne mogu dugo skladištiti, te omekšaju prije negoli to očekujemo. U ekstremno vrućim godinama izrazito je brza pretvorba škroba u šećere. Isto tako fiziološke bolesti poput gorkih pjega, staklavosti i pucanja plodova, mogu biti izrazito potencirane u sušnim uvjetima. Poznato je i da je opadanje plodova pred berbu uvjetovano ekološkim uvjetima.

Iako je atmosferske prilike većim dijelom nemoguće kontrolirati, u intenzivnom uzgoju jabuka voćari mogu provođenjem pravodobnih agro i pomotehničkih mjera utjecati na znatno smanjenje potencijalnih šteta. Počevši od projektiranja nasada sa zaštitnim mrežama i sustavom za navodnjavanje, pa preko pravilno postavljenog opterećenja rodnom, provođenja zimske i ljetne rezidbe, izbalansirane gnojidbe, te odabirom najkvalitetnijih klonova. Voćari koji posjeduju mreže, štete od ožegotina sveli su do prihvatljivih 5-10 % u izrazito ekstremnim godinama. Kontinuiranim navodnjavanjem i fertirigacijom uz pravodobnu kemijsku prorijedu plodova, ostvaruje se potrebna veličina plodova, te se izbjegava alternacija.

Za voćare koji nemaju mreža, biti će potrebno uvesti, kao obranu od sunčevih ožegotina, tretiranje plodova sa sredstvima na bazi kaolinske gline (Surround, CutiSan), na bazi emulzijskih voskova (Raynox), kalcijev karbonat, koji stvaraju bijelu prevlaku na plodu, a ona odbija određene spektre sunčevog zračenja. Apcizinska kiselina je u pokusima pokazala značajne rezultate u sprječavanju šteta izazvanih sušom.

2.6.3. *Uvjeti nastanka sunčevih ožegotina na plodovima jabuka*

Od svih posljedica koje izazivaju stresni okolinski uvjeti, koji pogađaju plod jabuke, najveće ekonomske štete čine ožegotine. Budući se radi o ozbiljnom problemu, već je dosta autora koji se bave fiziologijom stresa, izučavalo ovaj problem. Postoje tri tipa ožegotina, klasificiranih u odnosu na stupanj izraženosti simptoma:

Nekroze - koje su uzrokovane odumiranjem sub-epidermalnih i epidermalnih stanica pokožice ploda, kada se površina ploda nađe pod udarom temperatura od preko 52°C u trajanju preko 10 min. Takve posljedice se vide, na suncu direktno izloženoj strani ploda, i za njihov nastanak dovoljna je samo visoka temperatura.

Posmeđenja - za njihov nastanak potrebna je temperatura na površini ploda između 45 °C i 49 °C, u trajanju od najmanje 1 sata, ali i prisustvo UV-B zračenja. Ovo je i najčešći tip ožegotina. Utvrđeno je da temperatura na površini ploda nikada neće prelaziti 45 °C, u danima kada je maksimalna temperatura zraka do 30 °C, što znači da u takvim prilikama nema uvjeta za nastanak ožegotina ovog tipa.

Kada maksimalna temp. zraka prelazi 35 °C, tada gotovo uvijek temperatura na površini ploda prelazi 45 °C, i imamo uvjete za nastanak ožegotina drugog tipa. U slučajevima kada se max. temp. zraka kreće između 30 °C i 35 °C, odlučujući faktori koji utječu na temperaturu površine ploda jesu spektar i jačina sunčevog zračenja, vjetar, te relativna vlaga zraka. Upravo ova saznanja se danas i najviše koriste u predviđanju opasnosti od nastanka sunčevih ožegotina, i danas imamo razvijeno nekoliko modela za predviđanje vjerojatnosti nastanka sunčevih ožegotina.

Foto oksidacije - ožegotine nastale na jabukama koje se nisu stigle aklimatizirati na iznenadne promjene okolinskih uvjeta, tkz. foto oksidacije. Ovo je slučaj kada se plod jabuke koji je dugo bilo u sjeni, nakon zelene rezidbe i prorijede iznenada dovede u kontakt sa punim sunčevim osvjetljenjem. Ove štete se događaju i pri puno nižim temperaturama zraka, a kako se čini za nastajanje nisu potrebna niti UV-B zračenja. Početno oštećenje javlja se već nakon 24 h, u vidu izbljedjelog područja, na svjetlu izloženog dijela pokožice ploda.

Uz nastavak izlaganja suncu bijela područja prelaze u smeđa. U ekstremno vrućim godinama bilježene su velike štete ($> 35\%$), a neke sorte poput Jonagolda, Red Delicious-a i Braeburna pokazale su se posebno osjetljivima.

Potrebno je naglasiti da niti zaštitne mreže neće u potpunosti zaštititi plodove od ožegotina, posebno na vrhovima krošnje, stoga se i ovdje preporuča provođenje zaštitnih mjera. Čini se kako za sada od zaštitnih mjera najviše obećava fizičko prevlačenje plodova sa materijalima poput kaolinske gline (Cutisan, Surround), emulzijskih voskova (Raynox), te terpenskih polimera i anti transpiranata. Na ovaj način odbijaju se određeni spektri sunčevog zračenja.

Postoji pozitivno iskustvo primjene kaolinske gline na području istočne Slavonije gdje su voćari prateći prognozu vremenskih uvjeta započinjali primjenu kaolinske gline, koristeći sredstvo Cutisan. Doze primjene iznosile su od 5 kg/ha na plantažama pod mrežama, do 10 kg/ha na plantažama koje ne posjeduju mreže

Kada je riječ o optimalnom terminu za provođenje zaštite plodova kaolinom, u voćarski razvijenijim zemljama koriste se kalkulatori, koji uz pomoć upisa prognoziranih meteoroloških vrijednosti kroz duži period, određuju potrebu za tretiranjem.

2.6.4. Utjecaj klimatskih promjena na bojanje plodova

Od svih elemenata koji definiraju kvalitetu jabuka (boja, veličina, sadržaj suhe tvari, čvrstoća), boja je vjerojatno ključan činitelj, jer ona prodaje jabuku kupcu, koji kupuje uglavnom impulzivno. Čim jednom odu u trgovački centar kupiti svježije voće, kupci će gotovo uvijek kupiti onaj proizvod koji se njihovim očima učini najprivlačnijim. Proizvođači su svjesni ove činjenice i znaju da samo najkvalitetniji proizvodi imaju konkurentsku prednost na polici, a kupci već dugo vremena imaju izgrađeni stereotip da je velika i crvena jabuka - savršena jabuka. Zbog ovih razloga, jabuke koje imaju dobru boju uvijek postižu i najbolje cijene na tržištu, a prema stupnju obojenosti radi se i klasiranje jabuka, tako da sada svi veliki trgovački lanci imaju i interno propisane standarde kvalitete, gdje su točno definirani kriteriji obojenosti za svaku sortu, a koje proizvođači trebaju najozbiljnije shvatiti, kako bi mogli konkurirati na tržištu. I kod sorti koje nisu genetski selekcionirane da dobro boje, poput Fuji klonova i Gala klonova, proizvođači se trude dobiti sve tamnije nijanse crvene boje.

Čak i kupci zelenih jabuka (Granny Smith), vole tamnije obojane plodove. Da bismo stekli uvid u faktore o kojima ovisi bojanje plodova jabuke, ukratko ćemo sažeti najbitnija dosadašnja saznanja na ovu temu i na osnovu njih dati neke prijedloge, koji imaju za cilj postići što bolju obojenost crvenih jabuka, što će za posljedicu imati i povećanje njene tržišne vrijednosti.

2.6.5. Fiziološko-biokemijski model sinteze boje

Komponente poput antocijana, flavonoida, klorofila i karotenoida, jabuci u sinergiji daju boju. Najvažniji od navedenih spojeva je antocijan, koji se nalazi u koži ploda, a njegov sadržaj se povećava više od pet puta tijekom dozrijevanja kod nekih sorti jabuka. Najvažnije komponente koje sudjeluju u njegovoj sintezi, jesu sadržaj šećera, te dostupnost enzima fenilalanin-amonijliaze, takozvanog PAL enzima. Tijekom sinteze imamo puno koraka, a na svaki od njih, kao i na konačnu sintezu tj. bojanje ili izostanak boje kod jabuke, utječu različiti fiziološki i okolinski faktori. Svaki od ovih čimbenika treba promatrati u odnosu na ostale. Naprimjer, plodovi mogu biti dobro osvijetljeni, ali fiziološki jabuka dobro ne boji, tj. sorta nije genetski "programirana" da u određenom stadiju razvoja dobro boji. To objašnjava zašto neki tretmani koje činimo kako bi poboljšali bojanje daju rezultate u određenim okolnostima a isti ti tretmani ne dovode do rezultata u malo drugačijim okolnostima, te dolazi do smanjenog nakupljanja antocijana.

2.6.6 Utjecaj okolinskih uvjeta na bojanje

Osvjetljenje

Od svih okolinskih uvjeta koji utječu na sintezu antocijana, najveći utjecaj ima svjetlost. Količina svjetlosti potrebna za produkciju antocijana, varira i ovisi o periodu dozrijevanja pojedinih sorti. Kod kasnijih sorti potrebno je duže izlaganje ploda utjecaju svjetlosti da bi se sintetizirali antocijani, dok je taj period kod ranih sorti znatno kraći. Neki istraživači su mišljenja da svjetlost pozitivno djeluje na nakupljanje PAL enzima i njegovu aktivnost u jabuci. Količina svjetla koja pada na površinu jabuka ključna je u sintezi antocijana. Plodovi jabuke koji rastu u sjeni u sredini krošnje reduciraju proizvodnju antocijana i bojanje. Istraženo je da plodovi koji prime više od 70 % od punog sunčevog zračenja dobro boje, dok plodovi koji prime manje od 40% od punog sunčevog zračenja boje jako loše.

Za uspješno bojanje, jabuke traže minimum osvjetljenja, a ovaj minimum varira u odnosu na sortu i trenutni stadij razvoja. Poznato je da svjetlosna duljina ima veliku ulogu u formiranju boje, a presudne su plavo-ljubičaste (BV) i ultra-ljubičaste zrake (UV), posebno UV-B zrake. Povećana razina UV zračenja nakon kiše, i na većim nadmorskim visinama objašnjava bolje bojanje u ovim uvjetima. Crveni dio spektra ima mali utjecaj na bojanje, ali ipak nešto veći od ostalog dijela vidljivog spektra zračenja. Fitokrom i foto sintetska aktivnost samog ploda mogu biti okidač u sintezi antocijana.

Temperatura

Učinak temperature na bojanje ovisi o sorti i stadiju razvoja. Crvenilo na plodovima jabuka pojačava se na nižim temperaturama i hladnim noćima. Na temperaturama ispod 21 °C otkriveno je da postoji inverzan odnos između sadržaja antocijana i temperature.

Praksa je pokazala da gotovo ni nema proizvodnje antocijana, čim su srednje noćne temperature veće od 21 °C. Klon Red Deliciousa (Red Chief), najbolje boji kada su noćne temperature oko 11 °C. Benefiti ostvareni uslijed niskih noćnih temperatura mogu biti poništeni naknadnom izloženošću dnevnim temperaturama većim od 32 °C. Niske noćne temperature reduciraju gubitak šećera u pokožici ploda, smanjujući disanje, pa ostaje više ugljikohidrata za sintezu antocijana. Neki istraživači su mišljenja da je glavni način kako temperatura utječe na sintezu antocijana, povećavanjem (niske temperature), ili smanjivanjem (visoke temp.), aktivnosti PAL enzima.

Ishrana dušikom

Općenito gledano suvišak dušika iz tla ili folijarno apliciranog, negativno djeluje na proizvodnju antocijana i bojanje jabuka. Višak dušika nakon oplodnje, može pomoći kako bi smanjili bojanje zelenih sorti, pa ovo koristimo kako bi spriječili bojanje sorti poput Granny Smitha. Suvišak dušika će na bojanje najnegativnije djelovati ako je prisutan u kasnijim fazama uzgoja. Višak dušika dovodi do bujanja lisne mase u krošnji, pa se smanjuje dotok svjetla na plodove unutar krošnje. Ovdje treba pripaziti, jer bi manjak dušika mogao dovesti do sitnih plodova i ulaska u alternativu.

Ishrana kalijem

Gnojidba kalijevim gnojivima koristi se kako bi se povećala proizvodnja antocijana i obojenost plodova. Čini se da kalij može kompenzirati neke negativne učinke visoke razine dušika na sintezu boje. Čak su neki istraživači mišljenja da kalij sam po sebi toliko ne utječe na bolje bojanje, koliko neutralizira negativne efekte dušika. Na stablima koji su inače u deficitu s kalijem, njegovo dodavanje promovira boju samim time što omogućava normalan razvoj ploda. Izgleda da tretman s kalijem u cilju pojačanog bojanja, dovodi do smanjenja otpornosti nekih sorti na gorke pjege, ali ovo još nije do kraja istraženo.

Vodni režim

Postoje kontradiktorna mišljenja o izravnom utjecaju vlažnosti tla na akumulaciju antocijana u jabukama. Čini se da voda može promicati boju samo u sušnim područjima ili u sušnim razdobljima kada su biljke pod vodnim stresom. Višak vode može umanjiti obojenost jabuka.

2.6.7. Utjecaj fizioloških faktora na bojanje

Utjecaj svjetla, temperature i ostalih faktora na sintezu antocijana, varira od sorte do sorte. Svaki korak na biokemijskom putu sinteze antocijana je genetski „programiran“ i svaki kultivar različito reagira na svakom stupnju rasta i razvoja ploda.

Genetika sorte

Iako su okolinski faktori ključni za sintezu antocijana u različitim stadijima razvoja ploda, ukupni kapacitet proizvodnje antocijana ipak je genetski kontroliran u odnosu na razvojni stadij ploda. Dakle, djelotvornost svjetlosti i temperature na sintezu antocijana mijenja se u ovisnosti od stadija razvoja. Generalno se može reći da postoje dva stadija razvoja ploda kada se događa najveća sinteza antocijana. Prvi je stadij u trenutku intenzivnog dijeljenja stanica u plodu, a drugi u periodu dozrijevanja plodova.

Ova činjenica da se vrhovi proizvodnje antocijana u plodu dešavaju u ovako velikom rasponu u odnosu na okolinske uvjete, ide u prilog tezi da ipak najveći utjecaj na bojanje plodova ima genetika sorte. U praksi možemo primijetiti da čak i sorte koje ne boje, poput Golden Delicious-a, mogu u ranoj fazi razvoja ploda imati lagane nijanse crvenila na sebi, koje se daljnjim razvojem ploda obično izgube, ali u nekim okolinskim uvjetima i voćarskim regijama, u periodu

berbe poprimaju određen postotak crvene boje, (čest slučaj kod klona Golden Reinders). Pogotovo se ovo dešava u situaciji kada se Golden Delicious ubere sa zakašnjenjem, pa se nakon dužeg čuvanja u kontroliranim uvjetima u hladnjačama javlja crvenilo.

Ove specifičnosti su danas kod Golden Deliciousa uključene i u standarde kvalitete, tako da ovakvi plodovi ostaju u prvoj klasi. Kod klonova nekih sorti, poput Jonagoreda, primijećeno je i lošije bojanje kako voćka stari, ali ovo se može dovesti i u vezu sa boljom razvijenosti krošnje, koja tada više sjeni plodove i smanjuje sintezu antocijana. Granny Smith je sorta kod koje u fazi dozrijevanja može doći nakon kiša, do pojave crvenila, koje tada deklasira plodove, jer gube tržišnu vrijednost, (kupci zelenih jabuka uglavnom traže tamno zelene boje plodova).

Utjecaj podloge

Slabije i srednje bujne podloge, te upotreba među-podloga, koje imaju za cilj smanjenje bujnosti, povećavaju tvorbu antocijana jer imamo manju produkciju lista i drveta, a samim time i manju sjenu plodova. Činjenica je da slabije bujne podloge imaju i direktan utjecaj na veću sintezu antocijana, jer je dokazano da kod istog osvjetljenja plodova, bolje boje plodovi koji su rasli na slabije bujnim podlogama.

Lisna masa

Povećanje broja listova po plodu, utječe na proizvodnju antocijana sve do određene točke. Ovo je rezultat pojačane fotosinteze, koja rezultira stvaranjem više ugljikohidrata, koji su neophodni u sintezi antocijana. Utvrđeno je da Jonagold boji bolje, ako je broj listova po jednom plodu veći od 45, dok Red Delicious puno bolje boji kada taj broj pređe 75 listova po jednom plodu.

Gustoća sadnje, uzgojni oblik, rezidba

Kada govorimo o utjecaju ovih faktora, danas se jabuka uglavnom uzgaja u gustom sklopu, na slabo bujnim podlogama, a najzastupljeniji uzgojni oblik je vitko vreteno u različitim modifikacijama. Ovdje se teži čim prije ući u rod, kako bi se stablo opteretilo, kako bi se proizvelo čim više plodova, i uspostavila ravnoteža između plodonošenja i vegetativnog rasta. Krošnja ovdje nije pregusta, te su svi plodovi uz pravilno obavljenu zelenu rezidbu dobro izloženi suncu, te ostvaruju dobro bojanje.

Težnja je da se rezidba što je moguće više minimalizira i svede na izmjenu prebujnih grana na gornjim dijelovima krošnje, te da se održi konusni oblik stabla, koji omogućava ravnomjerno raspoređivanje svjetlosti u sve dijelove krošnje. Ovdje je veći problem pojava ožegotina u ekstremno vrućim godinama, ali se ovaj problem rješava upotrebom mreža i nanošenjem materijala na površinu plodova, koji fizički sprječavaju apsorpciju štetnog spektra sunčevog zračenja. Podrezivanje korijena može pridonesti akumulaciji antocijana ali isto tako može i smanjiti ukupni prinos ako se ne izvede u preporučenom periodu i neadekvatno.

2.7. Mogućnost utjecaja voćara na fiziološke procese u voćkama

Brazilski i Novo-zelandski voćari su zabilježili ogromne štete na kruškama uslijed abortiranih cvjetova. Štete su se kretale od 60% pa do 90 %, u vidu lošije cvatnje, što je u konačnici rezultiralo opadanjem proizvodnje. Osim ovih direktnih šteta, uslijed nedovoljno skupljenih hladnih jedinica, ostatak cvatnje odvijao se neravnomjerno i odgođeno, što je u berbi rezultiralo sa plodovima neujednačene veličine i smanjene kvalitete. Jedno od mogućih rješenja svakako je razviti kvalitetan model praćenja utjecaja temperatura na zahtjeve za hladnim jedinicama, prema vrsti i poziciji pojedinih pupova, kako bi voćar imao pouzdan alat za odabir najpogodnijeg trenutka za primjenu kemijskih sredstava koji će prekinuti mirovanje, i omogućiti uniformnu cvatnju. Ovdje je potrebno stalno uvoditi u proizvodnju nove selekcije sorata, koje imaju jako niske ili srednje niske potrebe za sumom hladnih jedinica.

Selekcionirati sorte sa akrotoničnim tipom rađanja (rod na vršnim pupovima), kako bi se iskoristila činjenica da pupovi koji imaju izraženiju apikalnu dominaciju zahtijevaju puno manju sumu hladnih jedinica. U nasadima jabuka i krušaka gustog sklopa, povijanje postranih izboja u horizontalnu poziciju moglo bi imati pozitivan učinak ujednačavanja apikalne dominacije u pupovima, te kao posljedicu imati ujednačenu cvatnju, i kvalitetniju berbu.

I naša država pripada umjerenom području uzgoja voća, te su se nažalost i ovdje u posljednjih dvadesetak godina dogodile evidentne promjene u reakciji voćaka na promjenu klime.

Kako smo već prije naveli, povećanje srednje godišnje temperature i pojave ekstremnih suša u vegetaciji, već su načinile dosta šteta.

Zime su zadnjih godina sve blaže, ali za sada većina sorti koje su introducirane u proizvodnju nemaju direktnih šteta, jer i u blagoj zimi uspiju skupiti, ali puno sporije, potrebnu sumu hladnih jedinica. Prema istraživanjima V. Vučetić i B. Krulić, za normalni početak vegetacije jabuke u RH treba biti ispunjen sljedeći uvjet za hladne jedinice: $900 < CU < 1250$.

Sve dok je skupljeno dovoljno CU, cvjetni i lisni pupovi se razvijaju normalno. Ukoliko biljka ne skupi dovoljno CU u mirovanju, može doći do fizičkih posljedica poput odgođeno listanja i odgođene i produžene cvatnje.

Kemijski pripravci (hidrogen-cijanamid) primijenjeni u proljeće mogu djelomično umanjiti posljedice manjka prikupljenih CU. Oni mogu zamijeniti manjak CU do 300, ali pretjerana primjena može dovesti do oštećenja pupoljaka (Petri i sur., 2004.). Osim CU, važno je da biljka skupi i dovoljno topline, odnosno dovoljnu količinu i intenzitet svjetlosti tijekom razdoblja mirovanja.

Toplina koju biljka skupi izražena preko temperaturnih suma za temperaturni prag 4.4°C , nazivamo jedinicama prirasta (GDH). Kada biljka skupi dovoljan broj CU i GDH, dolazi do početka vegetacije. U godinama gdje imamo srednje jaku ili jaku zimu, u prvom dijelu imamo slučaj da se relativno brzo skupi dovoljna suma hladnih jedinica (CU) i kada u drugom dijelu zime imamo iznad prosječna zatopljenja, što je zadnjih godina često i bio slučaj, vrlo brzo skupimo i dovoljnu sumu jedinica prirasta (GDH), te nam voćke ranije ulaze u vegetaciju, i imamo puno veću šansu da nasad strada od ranih proljetnih mrazova.

Nažalost, godine sa uobičajeno hladnom zimom i normalno toplim proljećem su sve rjeđe, te smo prisiljeni prilagoditi se nastaloj situaciji. Problem sa ranijom cvatnjom moguće je djelomično riješiti sa korištenjem kemijskih sredstava koji odgađaju cvatnju te poduzimanjem određenih pomotehničkih mjera (rezidba) u točno ciljanom terminu ljeti.

2.8. Mogućnost smanjenja stresa

2.8.1. Kaolinska glina u zaštiti od sunčevih ožegotina i mrežavosti

Na istraživanju utjecaja kaolinske gline u proizvodnji jabuka dosta su radili Glenn i Puterka (2004), te su u suradnji s Engelhard tvrtkom započeli niz istraživanja na preparatu Surround WP.

Već 2000. kaolin je bio znatno zastupljen na tržištu SAD-a, a ubrzo je i uvršten na listu preparata dozvoljenih u organskoj proizvodnji. Inače se materijal prije koristio za sprječavanje skrutnjavanja prerađenih namirnica, te u proizvodnji pasta za zube. Surround se nanosi otopljen u vodi na biljku, gdje isparavanjem tvori zaštitni film na površini tretirane biljke. Kod primjene je jako bitno odraditi ravnomjerno pokrivanje svih dijelova biljke sa sredstvom. Kod proizvođača bez mreža, sa visokim stupnjem ožegotina, primjena kaolina može biti ključan činitelj u isplativosti proizvodnje. Voćari koji posjeduju mreže, štete od ožegotina sveli su do prihvatljivih 5-10 % u izrazito ekstremnim godinama.

Za voćare koji nemaju mreža, biti će potrebno uvesti, kao obranu od sunčevih ožegotina, tretiranje plodova sa sredstvima na bazi kaolinske gline (Surround, CutiSan), na bazi emulzijskih voskova (Raynox), kalcijev karbonat, koji stvaraju bijelu prevlaku na plodu, a ona odbija određene spektre sunčevog zračenja. Apcizinska kiselina je u pokusima pokazala značajne rezultate u sprječavanju šteta izazvanih sušom.

Primijenjen prije ekstremnih ljetnih uvjeta i ukoliko se primjeni prije pojave vrućih dana, on će pokriti površinu biljke sa zaštitnim slojem - slojem čestica kaolina, koje su posebnom tehnologijom formulirane i proizvedene, a koje odbijaju negativne ultracrvene i ultra-ljubičaste zrake. Takvim djelovanjem zaštitni sloj može sniziti temperaturu na površini ploda za 6° do 8°C, umanjujući rizik od pojave ožegotina.

Tretiranja kaolinom imaju veliki efekt u smanjenju mrežavosti na polodovima Golden Deliciousa. U ovom slučaju nema opasnosti od zaostataka bijelog filma, koji često može, ukoliko se ne ukloni pranjem, biti odbojan od strane potrošača kada jabuka ide u svježju potrošnju. Kod organskih proizvođača jabuka, smanjenje šteta može biti jako značajno u odnosu na druge preparate koji su dopušteni za tretiranje.

2.8.2. Kaolinska glina kao sredstvo za sniženje temperature i povećanje fotosinteze

Kod proizvođača bez mreža, sa visokim stupnjem ožegotina, primjena kaolina može biti ključan činitelj u isplativosti proizvodnje. Isto tako, broj godišnjih tretiranja ovisit će i o vremenskim prilikama tijekom vegetacije. Iako se na prvi pogled može činiti da Surround sa svojim bijelim filmom sprečava prodor svjetlosti, on zapravo pojačava fotosintezu i pruža dopunu očuvanju zdravstvene kondicije stabla.

Prema Glenn, D.M. (2016) kaolin smanjuje temperaturu biljke za vrijeme vrućih ljetnih dana i tako povećava fotosintezu do dugo u poslijepodnevne sate, za razliku od netretiranih stabala, gdje fotosinteza u potpunosti prestaje poslije podne, uslijed toplinskog stresa.

Dvogodišnja studija na sorti Empire, koja je prskana tijekom prvih šest mjeseci nakon precvjetavanja, pokazala je pojačanu proizvodnju organske tvari i poboljšano bojanje, a proizvođači su primijetili iste efekte na sortama Stayman i Gala. Studije sa sveučilišta MSU, pokazale su povećanje povratne cvatnje gdje god je Surround bio korišten prethodne sezone. Uzgajivači u vrućim područjima uzgoja imali su koristi od smanjenja pojave ožegotina, ponegdje i do 50 posto ili više. Unatoč ovim izuzetno ohrabrujućim podacima o djelovanju gline, bilo bi pogrešno da ju se doživi kao spasitelja, naprotiv njeno dopunsko djelovanje najviše dolazi do izražaja kada se kombinira sa dobro osmišljenim agro-kemijskim mjerama u ovisnosti o specifičnosti svakog voćnjaka i mikro klime.

Kada je o miješanju riječ, u pravilu se kaolin može miješati sa većinom fungicida, insekticida i akaricida, ali se ne bi smio miješati sa sumporom i sa bakrenim preparatima. Svakako se preporučuje prije upotrebe napraviti malu probu kompatibilnosti i ukoliko primijetimo reakcije poput taloženja, pjenušanja, odvajanja, potrebno je izostaviti kaolin iz kombinacije. Treba napomenuti da sirova kaolinska glina nije isto što i fino mljevena i obrađena kaolinska glina, te da primjena takove gline može izazvati neželjene posljedice na biljci (fito-toksičnost, odumiranje).

2.8.3. Kaolinska glina kao sredstvo koje potiče bolje bojanje plodova

Kada je riječ o bojanju plodova tu je puno teže promijeniti okolinske uvjete po pitanju temperature i vlažnosti. Postoji mogućnost da orošavanjem pokušamo sniziti visoke noćne temperature, ali ovo je ekonomski prilično neisplativa opcija, a zahtjeva i enormne količine vode. Uz pravilnu pomotehniku i uravnoteženu ishranu, jedno od obećavajućih rješenja za postizanje bolje obojenosti plodova je i primjena kaolinske gline koja intenzivira fotosintezu, podiže sadržaj ugljikohidrata a ugljikohidrati su prekursor u nastanku antocijana koji povećavaju obojanost plodova.

2.8.4. Ostale mogućnosti za unaprjeđenje bojanja

Postavljanje reflektirajućih folija

Postavljanjem reflektirajućih folija na tlo između redova, potičemo bojanje plodova jer se sunčeva svjetlost reflektira direktno u krošnju a znamo da je sunčeva svjetlost faktor koji je neophodan za sintezu PAL enzima. Smješteni između redova, mogu reflektirati dio sunčevog zračenja unutar krošnje i pojačati tvorbu antocijana. Zadnji rezultati pokazuju da se koristeći ove materijale, može u prvoj ruci ubrati i više od 40 % jabuka intenzivno obojanih crvenom bojom. Materijali su od metalizirane plastike, bijele plastike, te folije. Materijali se postavljaju 4-6 tjedana prije berbe.

Odabir klonova selekcioniranih na bojanje

Najviše se može postići i odabirom sorti i klonova koji intenzivnije boje, jer se pokazalo da od svih faktora koje utječu na bojanje najveću važnost ima genetika sorte. Ovo najbolje možemo vidjeti na primjeru dvaju različitih klonova sorte Jonagold. Klon Jonagored u istim proizvodnim uvjetima 2011 godine imao je izuzetno slabiju obojenost što ga je deklasiralo u drugu klasu plodova, dok je klon Red Jonaprince u navedenoj vrlo teškoj godini za uzgoj jabuka pokazao značajno bolje bojanje i ostvario je visoku cijenu.

Korištenje kemijskih preparata

Ako govorimo o kemijskom načinu za poboljšanje bojanja, tada je sa više ili manje uspjeha zabilježeno korištenje preparata na bazi tiocijanata, daminozida, paclobutrazola i etefona.

Toplije noći prije primjene kemijskih sredstava mogu potaći bolje bojanje nakon apliciranja kemijskih sredstava. Od kemijskih tvari koje potpomažu bojanje do sada su se, sa više ili manje uspjeha koristili: tiocijanat (Tuzet), koji se još šezdesetih godina koristio kao fungicid, ali je davao proturječne rezultate i znao je oštetiti lišće, zatim se koristio daminozid (Alar), retardant rasta koji također nije dao istoznačne rezultate a i zabranjen je zbog negativnog utjecaja na zdravlje.

Koristio se i retardant rasta paklobutrazol (Cultar) , koji također nije pokazao relevantne rezultate. Najviše se do sada koristio i još uvijek se koristi Ethephon, spoj koji polako oslobađa etilen, što rezultira pojačanim nakupljanjem antocijana u jabukama.

Ethephon ubrzava proces zriobe, pa se pokušao naći način da se eliminiira taj utjecaj korištenjem retardanata rasta ili korištenjem formi koje bi oslobađale etilen puno brže i tako skratile njegovo djelovanje na plodu. Preporučalo ga se primijeniti 2-3 tjedna prije planirane berbe. Ovdje je potrebno naglasiti da su mnogi od ovih preparata zabranjeni u upotrebi jer su opasni za okoliš i ljude te ih ovdje navodimo kao sredstva koja su nekada korištena u navedene svrhe.

Folijarna primjena kalija

U godinama koje nisu toliko ekstremne po pitanju visokih noćnih temperatura, folijarna primjena kalija, dala je iznimno dobre rezultate.

Orošavanje plodova

Pomaže u smanjenju temperature, i može povećati akumulaciju antocijana ali zahtjeva enormne količine vode, te može dovesti do gljivičnih bolesti tijekom zrenja, a i nije jeftin postupak.

Umjetno osvjetljenje

Može izazvati nakupljanje antocijana na već ubranim i neubranim jabukama.

Prekrivanje plodova vrećicama

Cijeli princip je zasnovan na činjenici da se oblaganjem jabuke sa barijerom, koja sprječava dostupnost svjetla, sprječava tvorba klorofila, pa jabuka umjesto zelene, poprima blijedu boju. Kada se takav plod naglo izloži osvjetljenju, u pokožici se počne dešavati snažna tvorba antocijana, pa plodovi postaju intenzivno obojani.

Izbor boje unutrašnjeg sloja je proizvoljan jer istraživanja nisu pokazala da postoji utjecaj boje unutrašnjeg sloja na formiranje antocijana. Ovaj postupak je ekstremno skup, ali može povećati prihode jer takve jabuke postižu visoku cijenu, a smanjuje se i trošak za zaštitu od štetočina. Nije neobično da takva jabuka upakirana u posebnu ambalažu, te ručno oslikana, dosegne vrlo visoke vrijednosti.

2.9. Mogućnost zaštite od kasnih proljetnih mrazova

Jedna od najvidljivijih posljedica klimatskih promjena je topla jesen i posebno topao dio ili čak cijela veljača, što se redovito događa u kontinentalnom dijelu Hrvatske od 2018 - 2021 godine. Ovaj obrazac kretanja jesensko-zimskih temperatura redovito dovodi do kretanja vegetacije u veljači, a krajem ožujka ili u prvoj polovini travnja, kada većina voćnih vrsta bude u osjetljivoj fenofazi cvatnje redovito dolazi do prodora hladne fronte ili pojave mraza, što dovodi do katastrofalnih šteta u voćnjacima koji nemaju instaliranu niti jednu mjeru zaštite od mraza. Budući je ovo u zadnje vrijeme jako veliki problem u voćarstvu, ovdje predlažemo nekoliko mogućih načina borbe protiv mraza koje voćari imaju na raspolaganju samostalno ili u kombinaciji.

2.9.1. Korištenje krioprotektanata i anti transpiranata

U SAD-u se dosta istraživalo u upotrebi krioprotektanata i anti transpiranata kao kemijskih metoda zaštite od mraza na breskvama, šljivama i bademu, ali su rezultati bili prilično konfuzni i pokazali su da ova sredstva ipak nisu učinkovita. Nešto se radi na upotrebi tzv. ne-ledenih bakterija koje bi folijarnom primjenom trebale sprječavati formiranje leda i smrzavanje tkiva biljke, ali to su materijali koji su još u znanstvenim istraživanjima i nisu dostupni proizvođačima.

2.9.2. Primjena regulatora rasta

Regulatori rasta primijenjeni u pravom trenutku smanjuju porast, smanjuje se izduživanje stanica, a posljedično ovome, manje stranice imaju veću koncentraciju tvari u staničnoj otopini, te na ovaj način mogu podnijeti niže temperature i izbjeći smrzavanje. Trenutno se od svih kemijskih mjera koje za cilj imaju smanjiti štete od kasnog proljetnog mraza koristi primjena promalina unutar 24 sata nakon što se dogodi izmrzavanje.

Ovaj tzv. tretman spašavanja nakon mraznog događaja, u Europi se već udomaćio, a sve se više istražuje u drugim razvijenijim voćarskim zemljama. U SAD-u na području North Carolina obavljano je istraživanje primjene promalina nakon mraza na nasadu jabuka.

Na nasadu je nastupio vrlo jaki mraz sa temperaturama na kojima ugiba preko 90% cvjetova, i nakon njega unutar pet sati odrađeno je tretiranje sa promalinom. Rezultati su pokazali da je promalin djelovao na povećanje partenokarpije (razvoj ploda bez oplodnje) i da je i nakon teškog mraza došlo do formiranja 25% od uobičajenog broja plodova. Netretirana stabla su razvila vrlo mali broj plodova iz cvjetova koji su kasnili sa cvatnjom.

2.9.3. Orošavanje

Zaštita se temelji na fizikalnoj pojavi, da se pri zaleđivanju vode oslobađa toplina (80 kal./1 gram vode). Oslobodena toplina održava temperaturu pri tlu iznad 0°C. Neprekidnim prskanjem po voćkama na površini voćaka se stvara mješavina vode i leda. Unutrašnje tkivo voćaka, uslijed oslobođene topline nije ugroženo hladnoćom, jer se u njemu ne događa smrzavanje. Tako dugo dok je sva voda smrznuta, temperatura će se zadržavati oko 0° C. Zaštitom od mraza počinje kada temperatura padne ispod 0° C, i provodi se tako dugo dok temperatura zraka ne poraste iznad 0° C, odnosno dok se sav led stvoren na voćkama ne otopi. Zaštita orošavanjem može se provoditi prskanjem iznad krošnje (zahtjeva veće količine vode) i prskanjem ispod krošnje (zahtjeva manje količine vode). Orošavanje je sistem zaštite od mraza koji je trenutno i najučinkovitiji u voćarskoj proizvodnji, ali je skup i potrebno je osigurati puno vode u jedinici vremena da bi bio učinkovit.

2.9.4. Primjena stop-gel svijeća

Ovaj način zaštite od mraza pogodan je za visoko intenzivne nasade i nudi zaštitu i do -7 °C. Svijeće se postavljaju križano kako bi se kompaktno pokrile površinu. Zaštita se vrši na principu oslobađanja topline koja nastaje izgaranjem svijeća. Razina zaštite određuje se raspoređivanjem mreže svijeća u različitoj gustoći. Gušći raspored svijeća garantira zaštitu od jačeg mraza i obrnuto. Jedna svijeća u pravilu može ovisno o kapacitetu (6-10 kg), izgarati 6-8 h. U kombinaciji sa tkz, keep in touch sistemom mreža, postižu se još bolji rezultati.



Slika 4 -Stop gel svijeće u nasadu trešanja (Izvor: autor)

2.9.5. Primjena mobilnog generatora topline

Izgaranjem propana stvara se toplina koju ventilatori raspršuju po voćnjaku te smanjuju štete od mraza. Toplinski tok usmjeren je u pravcu krošnje. Količina topline brzo se smanjuje od udaljenosti od izvora, te je zato potrebno stalno kružiti sa uređajem kroz redove. Zagrijani zrak od grijača se širi, postaje laganiji i uzdiže se vertikalno. Turbulencijom zraka pospješuje se prijenos topline do stabla. Zrak obično zagrijava plinska turbina, a nju pogoni traktor putem priključnog vratila traktora. Jedan uređaj može štititi do - 6 °C na površini do 2 ha.

2.9.6. Ventilatori za stvaranje zračne struje

Ovaj način zaštite temelji se na intenzivnom miješanju slojeva zraka, pri čemu se sprječava jača radijacija i inverzija temperature. Ventilatori koje pogone elektromotori snage 65-75 kW postavljaju se na tornjeve, koji su na višoj poziciji od nasada.

Pri radu ventilatora dolazi do izvjesnog sprječavanja smanjenja temperature od 1 do 2°C. Za vrijeme rada ventilatora, ne dolazi do pojave rose iinja (Bugarin i sur., 2014.). Jedan ventilator može učinkovito zaštititi do 4 ha površine.

2.9.7. Metode produženja perioda mirovanja

Dosta se istraživalo na polju primjene kemijskih metoda koji za cilj imaju produžavanje perioda mirovanja. Tako se korištenjem regulatora rasta Ethepona (Ethrel), može odgoditi kretanje pupova za pet do sedam dana (www.ssl.acesag.auburn.edu, 2000), ako se Ethrel primijeni u jesen sa početkom skupljanja jedinica niskih temperatura (chill units - CH).

Ovo se često koristilo na trešnjama i breskvama. Njegova primjena pokazala je odlične rezultate u smanjenju šteta na breskvama od zimskog izmrzavanja, ali se pokazalo da njegova primjena na jabukama ne dovodi do odgađanja cvatnje, ali primijenjen u jesen ima utjecaja na smanjenje bujnosti.

Isto tako, moguće je sa korištenjem giberelinske kiseline odgoditi cvatnju, ali je potrebno aplicirati više puta, a to je skupo. Primjena giberelina i alfa-naftil octene kiseline (NAA) u kasnu zimu i rano proljeće, može odgoditi kretanje vegetacije.

2.9.8. Korištenje hladne vodene magle

Ideja korištenja raspršene hladne magle po voćnjaku proizvedene od strane finih vodenih raspršivača postavljenih iznad voćaka nije nova ideja, ali se cijeli koncept u zadnje vrijeme ponovo dosta istražuje u SAD-u. Ideja je primjenom hladne vodene magle sniziti temperaturu u voćnjaku, te na taj način prolongirati prekidanje zimskog mirovanja i zaustaviti kretanje cvijetnih pupova od nekoliko do više desetaka dana. Istraživanja su pokazala da se razvoj pupova može usporiti dva do četiri tjedna korištenjem hlađenja finom maglom, počev od trenutka kada temperature porastu iznad 10 °C.

Istraživači u Utahu uspjeli su odgoditi cvatnju trešanja, breskvi i jabuka do tri tjedna što je jako obećavajuće. Još prije 40 godina istraživači na Novom Zelandu pokušali su i uspješno primijenili koncept hlađenja na način da su u trenutku kada su temperature dostigle 8 °C upalili sustav za navodnjavanje.

Na ovaj način su uspjeli odgoditi cvatnju za 8 do 18 dana, ali za taj učinak bilo je potrebno primijeniti ukupno od 130 - 500 litara vode za navodnjavanje po m² u dvije testne godine 1975. i 1976. Ovo je dovelo do jakog kvašenja tla u voćnjaku i čini se da opcija hlađenja uz pomoć sustava za zamagljivanje vodom ima puno više dobrih strana. Ukoliko se razvije dobar sistem zamagljivača on će se u budućnosti moći koristiti i za izvođenje zaštite, kao i za bojanje plodova hlađenjem tijekom dozrijevanja.

2.10. Prilagodba agrotehničkih mjera i sistema uzgoja voća klimatskim promjenama

Budući smo suočeni nedostacima oborina tijekom vegetacijske sezone biti ćemo primorani koristiti agrotehničke mjere i sisteme uzgoja koje će za cilj imati očuvanje vode u tlu. Ovo možemo postići kroz mjere poboljšanja vodozračnog režima tla, kao i kroz mjere smanjenja evaporacije vode iz tla.

2.11. Voćnjak prilagođen klimatskim promjenama

Voćnjaci budućnosti trebali bi biti visoko-intenzivni, gustog sklopa sadnje, male visine i male širine krošnje (plošni uzgojni oblici), cijepljeni na izrazito slabo bujnim podlogama, potrebno je introducirati sorte iz područja koje imaju klimu što sličniju sadašnjoj klimi prisutnoj u kontinentalnoj Hrvatskoj, jer su takve sorte već prilagođene na uvjete i dati će najbolju kvalitetu. Potrebno je selekcionirati sorte koje rađaju na kratkom rodnom drvetu ili spurovima. Nasadi se trebaju moći u visokom postotku mehanizirati. Armatura treba biti obavezna a na nju će se kačiti sustav za zaštitu od mraza (orošavanje, zamagljivanje), koji će služiti i za prolongiranje cvatnje zamagljivanjem, te zaštitu od mraza orošavanjem. Voćnjak bi trebao posjedovati i mrežu protiv tuče na keep in touch principu, gdje će se mreža po potrebi moći podizati ili spuštati do tla. Ova mreža će štititi plodove od ožegotina i spriječiti će napad značajnog broja štetnika. Sustav za navodnjavanje i fertirigaciju trebao bi biti automatiziran i u sistemu kap po kap, koji će maksimalno štedjeti vodu. Dobar sustav uzgoja bila bi kombinacija zatravljivanja između redova pogodnom djetelinsko travnom smjesom koja bi obogatila tlo organskom tvari i istovremeno čuvala tlo od erozije, a unutar reda preporučiti održavanje užeg dijela tla redovnom kultivacijom uz pomoć koje bi uništavali korove, prozračivali tlo, te redovno unosili organsku tvar putem peletiranih organskih gnojiva ili po potrebi podešavali pH tla.

Druga mogućnost kojom bi smanjili evaporaciju iz tla unutar redova je postavljanje mulcha od perforirane tkanine, koja bi čuvala vodu u tlu, sprječavala rast korova, a bila bi omogućena i fertirigacija.

3. METODE RADA

Ovaj pregledni rad izrađen je pažljivim konzultiranjem stručne literature iz područja voćarstva, vinogradarstva, te tehničkih znanosti. U radu su korišteni znanstveni i stručni članci te internetski portali koji tematiziraju klimatske promjene, voćarsku proizvodnju, razvoj tehnologija i njihovu primjenu u poljoprivrednoj proizvodnji.

4. ZAKLJUČAK

Ovaj rad imao je za cilj istražiti probleme koje su nam u uzgoju voća donijele klimatske promjene (rano kretanje vegetacije, štete izazvane proljetnim mrazovima, ožegotine, loše bojanje plodova, pojava fizioloških bolesti, nedostatak vode u vegetaciji) i shodno detektiranim problemima preporučiti neke od mjera sa kojima možemo umanjiti evidentne posljedice istih. Kao jednu od bitnih mjera prilagođavanja klimatskim promjenama izdvajamo potrebu introdukcije novih sorti kojima je potrebna manja suma inaktivnih temperatura za kretanje vegetacije.

Današnje sorte često ne uspiju skupiti zbog toplih jeseni i zima dovoljne sume inaktivnih temperatura, te dolazi produžene i nepravilne cvatnje, kao i pojave prijevremenog prekida mirovanja uslijed naglog zatopljenja (veljača). Bilo bi jako bitno iznaći način za produživanje zimskog mirovanja kako bi se prolongirala cvatnja do trenutka kada ne prijete opasnost od proljetnih mrazova.

Iako su klimatske promjene dovele do evidentnih poteškoća u proizvodnji voća, uz dobro planiranje i provođenje nekih od mjera za prilagodbu klimatskim promjenama koje su obrađene u ovom završnom radu, biti će moguće i dalje uspješno bavljenje voćarskom proizvodnjom.

5. LITERATURA

1. Baldocchi, D., Wong, S. (2008): Accumulated winter chill is decreasing in the fruit growing regions of California. *Climatic Change* 87 (Suppl 1), 153–166.
<https://doi.org/10.1007/s10584-007-9367-8>
2. Chawla, R., Mohit, R., Sadawarti, R., Sheokand, A. (2021): Impact of climate change on fruit production and various approaches to mitigate these impacts. 10. 564-571.
https://www.researchgate.net/publication/359941232_Impact_of_climate_change_on_fruit_production_and_various_approaches_to_mitigate_these_impacts
3. Chmielewski, F.M., Müller, A., Bruns, E. (2004): Climate changes and trends in phenology of fruit trees and field crops in Germany, 1961-2000. *Agricultural and Forest Meteorology*. 69-78. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0168-1923\(03\)00161-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0168-1923(03)00161-8)
4. Glenn, D.M. (2016) Effect of highly processed calcined kaolin residues on apple productivity and quality. *Scientia Horticulturae*, 201 (2), 101-108.
<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.01.035>
5. Glenn, D.M., Puterka, G. J. (2004) Particle Films: A New Technology for Agriculture. *Horticultural Reviews*, 31 (1), 1-44. <https://doi.org/10.1002/9780470650882.ch1>
6. Haokip, S., Shankar, K. Lalringheta, J. (2019): Climate change and its impact on fruit crops.
https://www.researchgate.net/publication/344662035_Climate_change_and_its_impact_on_fruit_crops#fullTextFileContent
7. Hawerth, F., Herter, F., Petri, J., Marafon, A., Leonetti, J. (2013): Evaluation of winter temperatures on apple budbreak using grafted twigs. *Revista Brasileira de Fruticultura*. 35. 713-721. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452013000300007>
8. IPCC. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WGIIAR5-Chap23_FINAL.pdf (Pristup: 22.07.2023.).
9. Klima. [Microsoft Word - Klimatske promjene internet.doc](#) (Pristup: 1.07.2023.)
10. Krulić, B., i Vučetić, V. (2011): RAZVOJNE FAZE I ZIMSKO MIROVANJE JABUKE U HRVATSKOJ, *Hrvatski meteorološki časopis*, 46(46), str. 35-43. Preuzeto s:
<https://hrcak.srce.hr/86957>.
11. Lang, G., A. Early, J., D. Martin, G., C. Darnell R. L. (1987) : Endo-, Para-, and Ecodormancy- Physiological terminology and classification for dormancy research. *HortScience*,
<http://dx.doi.org/10.21273/HORTSCI.22.5.701b>

12. Metzger, M. J., Bunce, R. G. H., Jongman, R. H. G., Múcher, C. A., Watkins, J. W. (2005): A climatic stratification of the environment of Europe. *Global Ecology and Biogeography*, 14(6), 549-563. <https://doi.org/10.1111/j.1466-822X.2005.00190.x>
13. Petri, J.L., Herter, F. G. (2002): Nashi pear (*Pyrus pyrifolia*) dormancy under mild temperature climate conditions. *Acta Horticulturae*, <http://dx.doi.org/10.17660/ActaHortic.2002.587.47>
14. Prilagodba-klimi. <https://prilagodba-klimi.hr/wp-content/uploads/docs/Procjena-ranjivosti-na-klimatske-promjene.pdf> (Pristup: 01.07.2023)
15. Richardson, E., Seeley, S., Walker, D. (1974): A Model for Estimating the Completion of Rest for 'Redhaven' and 'Elberta' Peach Trees I. *Hortsci.* <http://dx.doi.org/10.21273/HORTSCI.9.4.331>
16. Ryu, R., de Mello-Farias, P. C., Simes, F., i Gilberto, F. (2012): Study of the Consequences of Global Warming in Water Dynamics During Dormancy Phase in Temperate Zone Fruit Crops. *InTech*. doi: 10.5772/47857. <https://www.intechopen.com/chapters/39171>
17. Ssl.acesag.auburn. <https://ssl.acesag.auburn.edu/department/peaches/freeze.html> (Pristup:01.07.2023.)
18. Yamamoto, R.R., Sekozawa, Y., Sugaya, S., Gemma, H. (2010): Influence of chilling accumulation time on "flower bud abortion" occurrence in Japanese pear grown under mild winter conditions. *Acta Horticulturae*. 872. 69-76. <http://dx.doi.org/10.17660/ActaHortic.2010.872.6>