

Univerzitet u Sarajevu
Poljoprivredno-prehrambeni fakultet
Gen banka

SOP 3/25: PROIZVODNJA ELITNOG SADNOG MATERIJALA – MINI TUBERA KROMPIRA U AEROPONSKOM SISTEMU

Merim Halilović

SADRŽAJ

STANDARDNA OPERATIVNA PROCEDURA.....	3
UVOD.....	5
SVRHA I OBUHVAT.....	7
ODGOVORNOSTI OSOBLJA.....	8
INFRASTRUKTURA, MATERIJALI I OPREMA	9
PROCEDURE	13
SOP Procedura 1. Higijena operatera.....	13
SOP Procedura 2. Priprema i sterilizacija sistema.....	14
SOP Procedura 3. Priprema hranjivog rastvora.....	16
SOP Procedura 4. Aklimatizacija i transplantacija in vitro propaganata biljaka	22
SOP Procedura 5. Transplantacija aklimatiziranih biljaka u aeroponski sistem, upravljanje uslovima i hranjenjem u proizvodnom sistemu	25
SOP Procedura 6. Kontrola bolesti, biosigurnost, monitoring i održavanje proizvodnog sistema	29
SOP Procedura 7. Berba, klasifikacija i skladištenje mini tubera	34
HISTORIJA REVIZIJE DOKUMENTA	38

STANDARDNA OPERATIVNA PROCEDURA

SOP br.	AUTOR/I	DATUM KREIRANJA
3/25	Merim Halilović, Jasmin Grahić, Mirha Đikić, Drena Gadžo, Arnela Okić, Ajdin Avdović	22. 10. 2025.

NAZIV PROCEDURE
PROIZVODNJA ELITNOG SADNOG MATERIJALA – MINI TUBERA KROMPIRA U AEROPONSKOM SISTEMU

NAMJENA	Namjena predloženog dokumenta je uspostavljanje procedure elitnog sadnog materijala – mini tubera krompira u aeroponskom sistemu.
PODRUČJE PRIMJENE	Predloženi SOP 3/25 se primjenjuje u sklopu Gen banke Poljoprivredno-prehrambenog fakulteta Univerziteta u Sarajevu pri provođenju postupka kulture tkiva nad biljnim materijalom krompira. SOP 3/25 opisuje postupke koje je neophodno provesti za uspješnu proizvodnju nekontaminiranog elitnog sjemenskog materijala krompira u aeroponskom sistemu. Uključuje dobre prakse koje su prilagođene malim sistemima aeroponskog uzgoja koje su skalabilne kako bi se uskladile sa svim do sada prisutnim protokolima certifikacije.

DATUM ODOBRENJA DOKUMENTA:	
VERZIJA:	Ver. 1.0 (inicijalni dokument)
ODGOVORNO LICE ZA SOP:	MSc. Merim Halilović
ODOBRENO OD:	Odgovorno lice za Laboratorij za mikropropagaciju: Prof. dr Jasmin Grahić

	Odgovorno lice za Gen banku Poljoprivredno-prehrambenog fakulteta: Prof. dr Jasmin Grahić
--	---

POVEZANI DOKUMENTI

SOP 3/25 je povezan sa internim dokumentima Gen Banke PPF:

- SOP 1/25: Kultura tkiva za proizvodnju elitnog sadnog materijala krompira (Ver. 1.0);
- SOP 2/25: Indeksiranje virusa krompira pri postupku kulture tkiva (Ver. 1.0).

REFERENTNI DOKUMENTI

Lista referentnih dokumenata koji mogu pomoći u razumijevanju ovog SOPa:

UVOD

Obezbjedjivanje kvalitetnog sjemenskog/sadnog materijala, posebno u zemljama u razvoju, od krucijalne je važnosti za ekonomski uspjeh i postizanje ekonomičnosti van ustaljenih granica u svakoj primarnoj poljoprivrednoj proizvodnji. Većina poljoprivrednih proizvođača, u zemljama u razvoju, ne koristi kvalitetan sjemenski materijal, zbog velikih cijena istog, kao i nedostupnosti visoko kvalitetnog sjemenskog materijala na tržištu. Nasuprot tome sjemenski materijal koji možemo pronaći pod kategorijama “elitni” ili “visokokvalitetni” na tržištu Bosne i Hercegovine, spada u IV ili V kategoriju i nerijetko svojim karakteristikama ne zadovoljava ni približno potrebe proizvođača. Kao rezultat, prisutna je jako velika potreba za isplativim metodama za proizvodnju kvalitetnog sjemenskog materijala koji je dostupan malim i velikim farmerima po pristupačnim cijenama. Pored navedenog, poljoprivredni proizvođači, u svijetu i u BiH, kod poljoprivrednih kultura koje je moguće vegetativno razmnožavati kao što je krompir tuberima ili gomoljima, koriste sjemenski materijal koji su sami proizveli prošle sezone. Shodno navedenom, prisutan je i process poznat kao “degeneracija sjemenskog materijala” krompira. Degeneracija je smanjenje prinosa ili kvaliteta zbog nakupljanja patogena ili štetočina u sadnom materijalu kroz uzastopne cikluse vegetativnog razmnožavanja. To je ključni problem koji je doveo do velikih ulaganja u proizvodnju i distribuciju certificiranog sjemena širom svijeta. Trenutno dominantni model promovira upravljanje degeneracijom sjemena gotovo isključivo korištenjem certificiranog sjemena, koje obično proizvodi javni sektor, posebno u početnim kategorijama kao što je predosnovno sjeme. Nova strategija za upravljanje degeneracijom također uključuje upotrebu certificiranog sjemena, ali uz veće učešće privatnog sektora. Mnogo se više fokusira na upotrebu sorti otpornih na patogene koji uzrokuju degeneraciju i na obuku poljoprivrednika o načinima upravljanja degeneracijom kako bi mogli proizvoditi vlastito sjeme duže vrijeme bez smanjenja prinosa. Aeroponika može biti dio ove nove strategije, budući da je to tehnologija koja olakšava proizvodnju velikih količina visokokvalitetnih mini gomolja po niskoj cijeni. To zauzvrat omogućava proizvođačima da smanje broj razmnožavanja početnih kategorija sjemena na terenu, što znači da će certificirano sjeme dobijeno na kraju ovih ciklusa razmnožavanja biti zdravije i dostupno u kraćem vremenskom periodu i po nižoj cijeni.

Aeroponika je prvi put korištena za proizvodnju povrća. To je relativno nova tehnika, posebno za proizvodnju sjemenskog krompira.

Početni testovi nam pružaju sljedeće informacije:

- Sorte krompira (CV) različito reaguju na aeroponiku. CV-ovi tipa *Tuberosum* imaju tendenciju da daju manje prinosa od CV-ova sa *Andigena* genima. Ovo se također primjećuje kada se uzgaja u supstratu,
- Aeroponska proizvodnja je posebno osjetljiva na klimu,
- Potrebne su uzastopne žetve,
- Vegetativni period biljaka se produžava za 1 do 2 mjeseca,
- Aeroponsko sjeme daje mnogo veći prinos u odnosu na konvencionalno sjeme na polju,
- Početna investicija se može brzo povratiti,
- Inokulacija bakterija u hranjivi rastvor izgleda obećavajuće u povećanju proizvodnje sjemena korištenjem aeroponike. Ovo je trenutno predmet istraživanja na Poljoprivredno-prehrambenom fakultetu u Sarajevu.
- Aeroponika može značajno povećati prihod ili smanjiti troškove proizvodnje kvalitetnog sjemena krompira kako bi ga učinila dostupnijim uzgajivačima,
- Nekonvencionalni izvori energije (solarna energija, vjetar) izgledaju obećavajući za aeroponiku,

Optimizacija proizvodnje sjemenskog krompira aeroponikom je i dalje moguća. U tu svrhu potrebno je proučiti sljedeće faktore:

- Potrebno je testirati nove sorte. Kontrolisani uslovi poput klime, ishrane i dodatnog osvjetljenja mogu se lahko obezbijediti u proizvodnom prostoru za kultivare uzgajane na različitim geografskim područjima,
- Različiti kultivari mogu zahtijevati različite optimalne rastvore hranjivih materija. Optimalna koncentracija rastvora hranjivih materija mora se identificirati. Hranjive materije dostupne na svakoj lokaciji moraju se testirati. Nepoznate mješavine mogu uzrokovati toksičnost,
- Razmak između biljaka za svaki kultivar tek treba odrediti. *Andigena* CVS može zahtijevati veći razmak nego *Tuberosum* CVS,
- In vitro biljke su se pokazale kao dobre urode u aeroponici. Također moramo odrediti i usporediti druge biljne materijale poput reznica i klica gomolja,
- Najbolju sezonu proizvodnje treba odrediti za svaku lokaciju u skladu s vremenskim uvjetima i sezonom proizvodnje na polju,
- Konvencionalne metode suzbijanja štetočina/bolesti nisu primjenjive na aeroponiku. Nove metode potrebno je razviti za aeroponiku.

Postoje i neka ograničenja, prepreke ili nedostaci tehnologije:

- Tehnologija ovisi o energiji. Dugotrajni nestanci struje mogu uzrokovati potpuni gubitak u proizvodnom ciklusu,
- Osoblje treba specijaliziranu obuku,
- Kao što se dešava s novim tehnologijama, na mnoga pitanja treba odgovoriti istraživanjem,
- Neki materijali/oprema možda nisu lahko dostupni u nekim zemljama,
- Bilo koji patogen korijenja će se lahko proširiti i kontaminirati sve kutije,
- Aeroponika ne funkcionira dobro u toplim okruženjima, osim ako se ne primjenjuje sa skupom opremom za hlađenje, što će značajno povećati troškove proizvodnje.

SVRHA I OBUHVAT

Svrha ovog priručnika je olakšati širenje i upotrebu aeroponskog sistema primarno za proizvodnju kvalitetnog sjemenskog krompira u zemljama u razvoju kako bi se poboljšao pristup i smanjili troškovi. Ovaj standardni operativni postupak (SOP) definiše protokole, sve korake i odgovornosti u rutinskoj proizvodnji mini-gomolja elitnog sadnog materijala krompira (G0–G1 generacija) pod kontrolisanim uslovima temperature, svjetla i hranjivog rastvora, korištenjem aeroponskog sistema Alien Aero 36 Pot 30L Pro Silver Series. SOP obuhvata pripremu i kalibraciju sistema Alien® Aero 36 Pot 30L Pro, sterilizaciju, transplantaciju i rukovanje “virus free” biljnim materijalom, pripremu hranjivih rastvora, nadzor sistema, vađenje i skladištenje mini-gomolja te mjere biosigurnosti i vođenje evidencija.

Cilj je jasna determinacija procedure uticaja nutritivnih i klimatskih režima na konstantan i definisan:

- morfološki razvoj biljaka;
- prinos i kvalitet formiranih minitubera;
- dinamiku inicijacije gomolja u odnosu na promjene EC, pH i svjetlosnog intenziteta.

ODGOVORNOSTI OSOBLJA

- Voditelj projekta proizvodnje odgovoran je za nadzor svih faza proizvodnje i osiguranje poštivanja SOP-a;
- Tehničko osoblje odgovorno je za pripremu i održavanje sistema te kontrolu parametara;
- Laboratorija za mikropropagaciju ili osoblje za mikropropagaciju odgovorno je za transplantaciju, rukovanje biljkama i dezinfekciju;
- Tehničko i laboratorijsko osoblje vrši analizu hranjivih rastvora i biljnog materijala;
- Svi učesnici odnosno osoblje dužno je voditi evidenciju u predviđenim obrascima shodno segmentu procesa proizvodnje a naročito u kritičnim tačkama proizvodnje.

INFRASTRUKTURA, MATERIJALI I OPREMA

Odgovornost: Voditelj projekta proizvodnje

Generalna pravila i uslovi za prostor/plastenik/staklenik u koji se instalira aeroponski sistem:

- Prostorija mora biti udaljena od drugih kultura krompira, kako bi se smanjio rizik od prenosa bolesti i štetočina na aeroponske kulture.
- Nepohodno je imati siguran izvor napajanja električnom energijom i alternativni izvor (generator) u slučaju nužde.
- Sanitarni uslovi u proizvodnom prostoru moraju biti na visokom nivou i podrazumijevaju: cjelokupan prostor predviđen za uzgoj u aeroponskom sistemu je pravilno zatvoren, patogeni i štetnici ne bi trebali biti dozvoljeni unutra, pod i zidovi moraju biti izrađeni od materijala koji se lahko čisti i dezinficira.
- Prostor u minimalnim sanitarnim uslovima bi trebao biti podijeljen na dva dijela predkomora ili soba za predulaz koja je važna komponenta proizvodnog prostora i proizvodni prostor dok se u naprednim konfiguracijama sastoji od tri ili četiri dijela.
- Predkomora treba imati sanitarne uslove sa vodom iz slavine i sljedećim materijalima: 2-3 čista odijela za ulazak u proizvodni prostor, boca sa tečnim sapunom, boca sa 2% rastvorom Na (natrijum ili kalcijum) hipohlorita (izbjeljivač) za dezinfekciju, etanol 70% i papirni ubrus. Također, na ulazu treba postaviti posudu sa prašinom kalcijum oksida (kreča). Zaštita na obući, posebna obuća za ulazak u proizvodni prostor kao i platnena prostirka umočena u koncentrirani rastvor bakar sulfata ili kvaternarnog amonijaka (benzalkonijum) može obaviti isti posao. Može se koristiti i sumporni prah. Postavljanje cipela na ovu posudu eliminira kontaminaciju cipela grinjama i sporama koje se prenose zemljom.
- Konstantan i siguran pristup kvalitetnoj mikrobiloški čistoj vodi sljedećih karakteristika: pH: 5.5 – 7.0, EC: < 0.3 mS/cm prije dodavanja hranjiva, ukupna tvrdoća: < 50 mg/L CaCO₃, sadržaj Na, Cl i HCO₃: što niži, po mogućnosti < 2 mg/L svakog elementa, kao i sigurnoj odvodnji.
- Prostor za uzgoj treba obezbijediti kontrolu klimatskih uslova pri kojima maksimalna temperatura u proizvodnom prostoru ne bi trebala prelaziti 30°C, a minimalna ne bi trebala pasti ispod 4°C i održavanje relativne vlažnosti između 65 i 80%.
- Ako se radi o mrežnoj kućici, plasteniku ili stakleniku orijentacija (sjever-jug u hladnijim klimatskim predjelima ili istok-zapad u toplijim klimatskim predjelima) je važna kako bi se osiguralo odgovarajuće okruženje u pogledu zadovoljavanja potreba za toplotom i osvjetljenjem.
- Proizvodni prostor može biti različitih izgleda i konstrukcija, ranije pomenuti generalni uslovi ostaju za svaku vrstu izvedbe isti dok postoje određene specifičnosti karakteristične za pojedinačne izvedbe opisane u Tabeli 1.

Tabela 1. Specifičnosti proizvodnog prostora

Tip prostora	Kontrola klime	Osvjetljenje	Materijal izrade	Prednosti	Ograničenja
Zatvoreni (kontrolisani uslovi)	Potpuna kontrola - temperatura: kontrolisana između 18–25°C danju i 8–15°C noću (maks. 30°C, min. 4°C). relativna vlažnost: 70–90%, uz stalnu ventilaciju i cirkulaciju zraka, CO ₂ koncentracija – 300 do 600 ppm.	Vještačko LED ili fluorescentno svjetlo; intenzitet 200–400 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$; fotoperiod 14–16 h dnevno.	Namjenske laboratorije, zatvorene sobe od PVC panela ili sendvič panela s termoizolacijom; betonski pod, metalna konstrukcija, hermetička vrata	Precizna kontrola, produžen ciklus i biosigurnost	Visoki troškovi investicije
Mrežna kućica	Djelomična odnosno pasivna - temperatura: optimalno 15–25°C; može se smanjiti pomoću ventilatora, krovnih otvora i prskanja krova kada temperatura pređe 25°C. Relativna vlažnost: 70–90%; regulisana zalijevanjem poda, ventilacijom i prskanjem	Osvjetljenje: prirodno svjetlo uz mogućnost postavljanja shade-net mreža (40–60% zasjene) ili Chromatinet® mreža (plava 50%) radi kontrole fotosinteze i temperatur.	Konstrukcija metalna (galvanizovani čelik) ili drvena (10x10 cm grede); zidovi – anti-aphid mreža (0.4x0.8 mm); krov – polikarbonat, staklo ili PE folija sa anti-drip slojem; opcionalni „dwarf wall“ zidovi visine 0.8–1.0 m od cigle ili bloka. Specifičnosti: visina 4.5 m; koristiti ventilatore (60–90 cm), zenitalne otvore, plastične zavjese za zaštitu od mraza; pod od šljunka ili betona za higijenu	Niski troškovi, dobra ventilacija	Manja zaštita od hladnoće
Plastenik/Staklenik	Danju 18–25°C, noću 8–15°C; može biti pasivno kontrolisana (prozori, zavjese) ili aktivno (ventilatori, grijači), relativna vlažnost: 70–85%; regulisana ventilacijom i otvaranjem krovnih otvora	Maksimalno korištenje prirodne svjetlosti kroz prozirne materijale (staklo, polikarbonat, PE folije); u hladnim zonama se koristi staklo jer bolje zadržava toplotu noću, uz mogućnost postavljanja shade-net mreža (40–60% zasjene)	Metalna konstrukcija (galvanizovani čelik, aluminijum), zidovi i krov od stakla ili polikarbonata, sa anti-drip i UV stabilizacijom	Stabilna mikroklima, produžen ciklus	Viši troškovi i održavanje

Osnovna oprema za proizvodni prostor uključuje:

1. Aeroponski sistem s raspršivačima (nozzles), centralnim rezervoarom i recirkulacijom hranjivog rastvora
 - Tehnička specifikacija sistema Alien® Aero 36 Pot 30L Pro Silver Series:
 - Tip sistema: aktivni aeroponski sistem s recirkulacijom i centralnim rezervoarom;
 - Broj posuda: 36 posuda po 30 L, pojedinačno povezane putem aeroponskih modula niskog pritiska;
 - Materijal: anti-reflektirajući srebrni kompozit, UV stabiliziran;
 - Rezervoar: centralni, zapremine 180–220 L, s integrisanim cirkulacionim pumpama (4000–6000 L/h);
 - Mlaznice: Venturi raspršivači i mikro-nebulizatori sistem, veličina kapljica 30–80 µm, ciklus rada 2 min ON / 3 min OFF;
 - Distribucija hranjivog rastvora: 24/7 recirkulacija s mogućnošću podešavanja ciklusa prskanja;
 - Senzorska integracija: mogućnost spajanja pH/EC metara, termometara i tajmera za fotoperiod;
 - Preporučena upotreba: hidro/aeroponska kultura s hranjivim rastvorima tipa Hoagland ili modificovani Yara formulate. Prilog dokument: Tehnička specifikacija sistema Alien® Aero 36 Pot 30L Pro Silver Series:
2. Digitalni tajmeri i senzori za temperaturu, vlagu, EC i pH;
3. Hanna Instruments® Višeparametarski fotometar za analizu hranjivih materija model: HI83325;
4. UV sterilizator vode;
5. LED rasvjetu (200–300 µmol/m²/s);
6. Laboratorijski sterilni alat;
7. Ljepljive ploče za insekte;
8. Mreža ili potporni štapovi;
9. Hranjive soli i đubriva (Ca(NO₃)₂, KNO₃, KH₂PO₄, MgSO₄·7H₂O, Ca i Mg te mikroelemenata (Fe, Mn, Zn, Cu, B) i
10. Sredstva za sterilizaciju i fitofarmaceutska sredstva (NaOCl 1–2%, H₂O₂ - 3%, 70% etanol, CuSO₄, Ca(ClO)₂, i drugi ekvivalenti).

SOP 1/25: Proizvodnja elitnog sadnog materijala – mini tubera krompira u aeroponskom sistemu
Verzija: 1.0

NADZOR:

Određeni voditelj projekta proizvodnje ili nadzornik će osigurati da svi preduslovi prostora opreme i materijala budu zadovoljeni.

VERIFIKACIJA I VOĐENJE EVIDENCIJA:

Rukovodilac projekta proizvodnje će provjeriti ispravnost elemenata i da li proizvodni prostor, oprema, materijal slijede ove smjernice i da li ih ima u dovoljnim količinama za proizvodni proces i evidentirati u zapisniku: Zapisnik o opremi, materijalu i proizvodnim uvjetima prostora.

PROCEDURE

SOP Procedura 1. Higijena operatera

SVRHA: Sprječavanje kontaminacija do kojih može doći prilikom manipulacije biljnim materijalom i radom u proizvodnom prostoru.

OPSEG: Ovaj postupak se primjenjuje na sve koji rukuju, pripremaju ili rade u proizvodnom prostoru.

Proizvodni prostor mora imati predkomoru (dezinfekcijsku barijeru) na ulazu. Osoblje koje ulazi i obavlja aktivnosti u proizvodnom prostoru mora se pridržavati sljedećih pravila:

- Ulazak neovlaštenih osoba u prostoriju nije dozvoljen. Operater koji ulazi u proizvodni prostor, ne bi trebao biti u polju sa usjevima prije ulaska u proizvodni prostor.
- Unošenje hrane i pića u proizvodni prostor je strogo zabranjeno.
- Nikada ne otvarajte oboja vrata istovremeno. Prilikom ulaska, vrata predkomore trebaju se prvo otvoriti, a glavna vrata od proizvodnog prostora moraju biti zatvorena. Nikada ne otvarajte oboja vrata istovremeno.
- Pranje ruku sapunom i vodom kao i dezinfekcija je nužna prije svakog ulaska u proizvodni prostor. Mogu se koristiti jednokratne rukavice kada se rukuje s mnogo biljaka. Dezinfekcijsko sredstvo treba koristiti nakon rukovanja svakom biljkom.
- Osoblje mora koristiti zaštitnu opremu (rukavice, mantile, maske), a alati se sterilizuju alkoholom. Operater uvijek treba koristiti čist mantil, koji uvijek treba ostati u predkomori. Ovaj postupak smanjuje mogućnost unošenja insekata u staklenik koji mogu impregnirati odjeću. Ova napomena treba biti obješena u predkomori ili glavnoj kućici:
- Stavite cipele u posudu/prostirku sa dezinfekcijskim sredstvom, fungicidom, prije ulaska ili koristiti zaštitne navlake za obuću ili posebnu obuću koristiti za proizvodni prostor.
- UVIJEK koristite rukavice pri rukovanju natrijum ili kalcijum hipohloritom. U slučaju predkomore, važno je jednom sedmično obaviti sveobuhvatno čišćenje sa 0,25% natrijum hipohloritom, uključujući pod, zidove i plafon. Također je potrebno mijenjati hipohlorit i kreč za dezinfekciju obuće na sedmičnoj bazi.
- Radne površine se sterilizuju 70% etanolom prije i nakon svake aktivnosti.

NADZOR:

Svi operateri koji učestvuju u procesu proizvodnje će vršiti samokontrolu odnosno pratiti praksu svih učesnika/operatera tokom svih radnih sati.

KOREKTIVNE MJERE:

Prekvalifikovati svakog operatera za kojeg se utvrdi da ne slijedi procedure u ovom SOP-u. Zamoliti operatere za koje se utvrdi da ne prate proceduru u odgovarajuće vrijeme ili ne koriste odgovarajući postupak da odmah to učine.

VERIFIKACIJA I VOĐENJE EVIDENCIJA:

Svi operateri u procesu proizvodnje će svakodnevno popunjavati Kontrolnu listu ulazaka u proizvodni prostor kako bi se omogućilo identifikovanje uzroka problema/kontaminacije. Kontrolna lista mora se čuvati u evidenciji najmanje godinu dana.

SOP Procedura 2. Priprema i sterilizacija sistema

SVRHA: Sprječavanje kontaminacija do kojih može doći prilikom rasta i razvoja biljaka u aeroponskom sistemu.

OPSEG: Ovaj postupak se primjenjuje na sve operatere koji učestvuju u pripemanju aeroponskog sistema za proizvodni ciklus.

Prije početka svakog ciklusa proizvodnje, prostorija i svi dijelovi sistema (posude, cijevi, raspršivači, rezervoar) moraju se pripremiti za proizvodni ciklus. Da bi se zadovoljio kriterij neophodo je provesti sljedeće aktivnosti:

- Čišćenje podova i zidova te dezinfekcija, korištenjem 0,25% NaOCl ili, $\text{Ca}(\text{ClO})_2$.
- Provjeriti stanje i rad cjelokupnog sistema, pumpe, cjevovoda, filtera, mikropreskalica, modula, posuda, klimatizacije, ventilacije i rasvjetnog sistema.
- Svi dijelovi sistema (posude, cijevi, raspršivači, rezervoar) moraju se oprati blagim deterdžentom.
- Nakon pranja sistema ispiranje mehanički i pranje blagim deterdžentom.
- Cirkulacija 1% NaOCl (ili 3% H_2O_2) kroz sistem 60–120 min pri radnom protoku; zatim isključiti i ostaviti stajati 30 min (kontakt vrijeme).
- Ispiranje s pitkom vodom dok halogeni (ili ostatci H_2O_2) nisu ispod detekcijske granice; završno tretiranje UV sterilizatorom in-line (ako postoji).
- Za „deep-clean“ nakon detekcije bakterijske kontaminacije: ciklus s 3% H_2O_2 6–12 sati, pa 1% NaOCl vanjski tretman modula.
- Također je potrebno dezinfikovati module izvana sa 1%-tnim rastvorom NaOCl.
- Aktivirati sistem i provjeriti funkcionalnost sistema.
- U svakom trećem ciklusu vegetacije promijenite crnu plastiku unutar modula odnosno netmesh koja oblaže unutrašnjost modula i osigurava potporu korjenovom sistemu ako su otkrivena oštećenja i kontaminacije koje utiču na pravilnu funkcionalnost sistema.
- Obaviti održavanje generatora za hitne slučajeve, pumpi i drugih dijelova opreme za navodnjavanje prema preporukama proizvođača; temeljito održavanje treba obaviti nakon svakog ciklusa usjeva.

NADZOR:

Operateri u pripremi i sterilizaciji sistema će u proizvodnji će tokom svih radnih sati na pripremi prostorija i sistema, vizuelno i fizički pregledati sve dijelove prostorije i sistema koje se koriste kako bi se osiguralo da zadovoljavaju kriterijume sanitarnosti i funkcionalnosti sistema.

KOREKTIVNE MJERE:

Ponovno obučiti svakog zaposlenika za kojeg se utvrdi da ne slijedi procedure u ovom SOP-u.

Otkloniti kvarove, oprati, isprati i dezinficirati dijelove prostorije, opreme i sistema ako se otkrije da nisu funkcionalni, pravilno očišćeni ili dezinficirani. Osigurati da se neoprani i dezinficirani dijelovi sistema ne koriste ni na jednom nivou rada u cijelom proizvodnom prostoru.

PROVJERA I VOĐENJE EVIDENCIJA:

Operateri koji učestvuju u aktivnostima pripreme sistema za upotrebu dužni su popuniti Izvještaj o stanju i aktivnostima pripreme sistema.

Rukovodilac projekta proizvodnje će provjeriti da li su operateri pravilno izvršili pripremu sistema PRIJE svakog proizvodnog ciklusa i popunjavanja u Dnevnika proizvodnih ciklusa, Dnevnik će se čuvati u evidenciji najmanje 1godinu.

SOP Procedura 3. Priprema hranjivog rastvora

SVRHA: Omogućavanje optimalnih uslova u pogledu nutrijenata neophodnih za rast i razvoj krompira u aeroponskom sistemu.

OPSEG: Ovaj postupak se primjenjuje na sve operatere koji učestvuju u proizvodnom ciklusu i u njegovom monitoringu.

Jedna od ključnih dijelova u procesu proizvodnje sjemenskog materijala krompira uz korištenje aeroponskog sistema jeste optimizacija hranjivog rastvora u pogledu omjera nutrijenata. Koraci za pripremu hranjivog rastvora su sljedeći:

Hemijska analiza vode

- Voda koja se koristi u aeroponskom sistemu mora biti mikrobiološki čista i prije spajanja u sistem neophodno je otkloniti kontaminante (UV i mikrobiološki filteri).
- Prije početka pripreme hranjivog rastvora, moramo utvrditi kvalitet vode koju ćemo koristiti, kako bismo znali njen sadržaj soli i hranjivih tvari. Na osnovu ovih podataka možemo pokriti nutritivne potrebe biljke i pripremiti hranjivi rastvor.
- Za analizu vode i parametara koristimo Hanna Instruments® Višeparametarski fotometar za analizu hranjivih materija model: HI83325 prema opisanim procedurama u Priručniku za upotrebu.
- Karakteristike vode koja se koristi u aeroponskom sistemu, koja mora da zadovoljava sljedeće kriterijume:
- Ulazni parametri vode: pH: 6,0 – 8,5;
TDS: 450-2000 mg/l;
EC: 0.3- 3 mS/cm prije dodavanja hranjiva;
Ukupna tvrdoća: < 50 mg/L CaCO₃;
Natrij (Na⁺): < 3 cmol₍₊₎ l⁻¹;
Hlor (Cl⁻): < 3 cmol₍₊₎ l⁻¹;
Bor (B): < 0,7 – 3,0 mg/L;
Nitrati (N-NO₃⁻): < 5,0 - 30 mg/L;
Bikarbonati (HCO₃⁻): < 1,5 – 8,0 mg/L;
- Željezo dostupno u izvoru vode ne treba uzimati u obzir jer se može istaložiti. Slično tome, bakar i drugi metali mogu se imobilizirati u kompleksne spojeve, postajući oskudno dostupni biljkama.
- Temperatura vode kao i hranjivog rastvora NE SMIJE PRELAZITI 20°C!

Mikrobiološka analiza vode

- Prihvatni limiti prije punjenja: ukupni brojevi aerobnih bakterija < 100 CFU/mL, koliformi 0 CFU/100 mL, gljivice < 10 CFU/mL,
- Metodologija: uzorak vode 250 mL, akreditirana mikrobiološka analiza (membranska filtracija / kultivacija) ili brzi testovi (Hanna/portable kits) za screening,
- Frekvencija testiranja: početno ispitivanje pred svakih 30 dana u aktivnim proizvodnim ciklusima; dodatno nakon svake dekontaminacije s NaOCl/H₂O₂ i nakon ponovnog punjenja,
- Ako se detektira > prihvatne vrijednosti — odmah: isprazniti rezervoar, tretirati sistem 3% H₂O₂ + UV ≥ 40 mJ/cm² i izvršiti ponovni test prije puštanja u rad.

Odabir formule i gnojiva za hranjivi rastvor

- U aeroponskom sistemom se koriste dva hranjiva rastvora:
 - o Početni rastvor, koji se održava od presađivanja do spuštavanja stabljika (okopavanja), odnosno prvih 35 ili 40 dana,
 - o Konačni rastvor, koji se koristi nakon spuštavanja stabljika (okopavanja) dok se kultivacija ne završi,
 - o Postoje mnoge formulacije za proizvodnju sjemenskog krompira hidroponskim metodama koje su isprobane širom svijeta. U sljedećoj tabeli (Tabela 2.) predstavljamo formule hranjivih rastvora koje su testirane i korištene za aeroponsku proizvodnju krompira,

Tabela 2. - Hranjivi rastvori koji se koriste u aeroponskom uzgoju krompira

Hranjivi rastvor		Miligrami po litri (=ppm)											
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	S	Fe	Mn	B	Cu	Zn	Mo
UNLAM	Početni	190	80	240	210	75	70	1,0	0,40	0,13	0,04	0,07	0,04
	Finalni	150	103	312	210	75	92	1,0	0,40	0,13	0,04	0,07	0,04
CIP -Lima	Početni	191	82	245	210	71	76	1,1	0,40	0,20	0,04	0,23	0,04
	Finalni	155	96	373	210	110	88	1,1	0,40	0,20	0,05	0,24	0,05
INIAP, CIP-QUITO	Početni	190	92	240	210	75	140	3,0	0,40	0,13	0,04	0,07	0,04
	Finalni	150	103	312	210	75	120	3,0	0,40	0,13	0,04	0,07	0,04
CORPOICA	Početni	250	80	108	196	58	45	3,0	0,50	0,50	0,10	0,15	0,03
	Finalni	150	92	180	140	42	50	3,0	0,50	0,10	0,15	0,50	0,03
HOAGLAND	Početni	200	70	240	170	65	40	2,0	0,50	0,70	0,20	0,07	0,05
	Finalni	150	90	260	160	50	55	2,0	0,50	0,70	0,20	0,07	0,05

- Nisu sva mineralna đubriva koja se koriste u konvencionalnoj poljoprivredi pogodna za pripremu hranjivih rastvora za aeroponiku. Aeroponika zahtijeva mineralna đubriva s brzm i visokom topljivošću u vodi, koja ne sadrže nivoe nerastvorljivih ostataka, zagađujuće teške metale ili druge komponente koje su toksične za biljke.
- Određena mineralna đubriva doprinose - u većoj ili manjoj mjeri - alkalnosti ili kiselosti
- rastvora, tako da je dobro imati te informacije.
- Mineralna đubriva za zakiseljavanje uključuju:
 - o amonijum fosfat;
 - o amonijum sulfat;
 - o urea;
 - o amonijum nitrat.
- A neutralna mineralna đubriva uključuju:
 - o kalijum hlorid;
 - o kalijum nitrat;
 - o kalijum sulfat.

Izbor mineralnih đubriva će također ovisiti o njihovoj dostupnosti. Sljedeća tabela (Tabela 3.) prikazuje mineralna đubriva i kiseline koje se najčešće koriste u pripremi hranjivih rastvora za aeroponiku.

Tabela 3. Mineralna đubriva i kiseline koje se koriste za formulaciju hranjivih rastvora u aeroponici

Mineralno đubrivo	Hemijski sastav	Molekularna masa (g/mol)	Hranjive materije	Koncentracija (%)
Borna kiselina	H_3BO_3	61,83	B	17,00
Fosforna kiselina	H_3PO_4	98,00	P_2O_5	61,00
Molibdenska kiselina	$H_2MoO_4 \times H_2O$	180,00	Mo	47,00
Boraks	$Na_2B_4O_7 \times 10H_2O$	381,20	B	11,30
Kalijev hlorid	KCl	74,55	K_2O	60,00
Cink hlorid	$ZnCl_2$	136	Zn	45,00
Diamonijum fosfat (DAP)	$(NH_4)_2 \times HPO_4$	132,10	N	18,00
			P_2O_5	37,00
Monoamonijum fosfat (MAP)	$(NH_4)H_2PO_4$	115,00	N	12,00
			P_2O_5	61,00
Kalijum fosfat	KH_2PO_4	136,10	P_2O_5	52,00
			K_2O	34,00
Natrijum molibdat	$Na_2MoO_4 \times 2H_2O$	241,90	Mo	40,00
Amonijum nitrat	NH_4NO_3	80,00	N	34,00
Kalcijum nitrat	$5[Ca(NO_3)_2 \times 2H_2O]NH_4NO_3$	1.080,50	CaO	17,00
			N	15,50
Magnezijum nitrat	$Mg(NO_3)_2 \times 6H_2O$	256,30	MgO	16,00
			N	11,00
Kalijum nitrat	KNO_3	101,10	K_2O	44,00
			N	13,00
6% Željezo helat	Fe-DTPA	932,00	Fe	6,00
5% Željezo helat	Fe-EDDHA	1118,00	Fe	5,00
13% Željezo helat	Fe-EDTA	430,00	Fe	13,00
Mangan helat	Mn-EDTA	366,00	Mn	15,00
Amonijum sulfat	$(NH_4)_2SO_4$	132,14	N	21,00
			S	24,00
Bakar (II) sulfat	$CuSO_4 \times 5H_2O$	249,70	S	13,00
			Cu	25,00
Željezo sulfat	$FeSO_4 \times 7H_2O$	277,80	S	11,00
			Fe	20,00
Magnezijum sulfat	$MgSO_4 \times 7H_2O$	246,30	MgO	16,00
			S	13,00
Mangan sulfat	$MnSO_4 \times H_2O$	169,00	S	18,00
			Mn	31,00
Kalijum sulfat	K_2SO_4	174,30	K_2O	50,00
			S	18,00
Cink sulfat	$ZnSO_4 \times 7H_2O$	287,50	S	11,00
			Zn	22,00
Urea	$CO(NH_2)_2$	60,00	N	46,00

Priprema hranjivog rastvora

- Prilikom pripreme rastvora hranjivih materija, uvijek nosite rukavice i masku za lice i izbjegavajte direktan kontakt sa mineralnim đubrivima.
- Materijali neophodni:
 - o Vaga s preciznošću od najmanje 0,1 g.
 - o Ploče ili zdjele za vaganje mineralnih đubriva. Preporučuju se plastične ploče ili zdjele kako bi se spriječilo hrđanje i reakcija s mineralnim đubrivima.
 - o Plastična kašika.
 - o 3 plastične kante od deset litara.
 - o 2 graduirane epruvete, 25 ml.
 - o Štapić ili drugi alat za miješanje otopine, po mogućnosti plastični.
 - o Prijenosni pH-metar i EC mjerač.
- Sljedeći primjer možemo koristiti za određivanje potrebne formulacije hranjivog rastvora (i početnog i konačnog) koji će se pripremiti korištenjem kombinacija HOAGLAND UNALM rastvora kao reference, uzimajući u obzir karakteristike vode, čija je hemijska analiza poznata. Potrebna zapremina je 250 l.

Tabela 4. Hemijski sastav vode, početni i finalni hranjivi rastvor i konačno podešavanje

	Miligrami po litri (=ppm)											
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	S	Fe	Mn	B	Cu	Zn	Mo
Voda	N/A	0,03	1,24	2,11	1,61	N/A	0,03	0,03	N/A	0,160	0,020	N/A
Početni rastvor	190,00	80,15	240,00	210,00	74,70	70,00	1,00	0,40	0,13	0,038	0,074	0,036
Finalni rastvor	150,00	103,00	312,00	210,00	75,00	92,00	1,00	0,40	0,13	0,04	0,07	0,04
Modifikacije početnog rastvora	190,00	80,12	238,76	207,89	73,09	70,00	0,97	0,37	0,13	0,00	0,054	0,036
Modifikacije finalnog rastvora	150,00	102,97	310,76	207,89	73,39	92	0,97	0,37	0,13	0,00	0,05	0,04

- Nakon podešavanja rastvora hranjivih materija (i za početni i za finalni rastvor), potrebno je identificirati mineralna đubriva dostupna na tržištu.
- Sljedeća tabela (Tabela 5.) prikazuje količine mineralnih đubriva koje treba koristiti za pripremu 250 l početnog i finalnog rastvora a, kao što je naznačeno u prethodnoj tabeli. Korištena mineralna đubriva su ona koja se obično nalaze u BiH, budući da se ovaj primjer zasniva na iskustvu u Poljoprivredno-prehrambenog fakulteta u Sarajevu.

Tabela 5. – Mineralna đubriva potrebna za 250 litara hranjivog rastvora

Mineralno đubrivo	Jedinica mjere	Početni rastvor		Finalni rastvor	
		1L	250 L	1 L	250 L
Kalcijum nitrat	g	0,632	157,90	0,632	157,90
Magnezijum sulfat	g	0,457	114,20	0,457	114,20
Kalijum nitrat	g	0,035	8,60	0,26	64,60
Kalijum sulfat	g	0,33	80,80	0,034	8,40
Amonijum nitrat	g	0,035	8,6	0,29	64,60
10% Željezo helat	ml	0,03	7,5	0,06	15,00
Fosforna kiselina, 85%	ml	0,099	24,8	0,088	22,00
Folijarno đubrivo*	g	0,012	3,0	0,012	3,0

* Komercijalno folijarno gnojivo: 4,0% (Mn); 4,0% (Fe); 1,5% (Cu); 1,5% (Zn); 0,5% (B); 0,1% (Mo); 3,3% (MgO); 3,0% (S). Svi metalni mikronutrijenti su u helatnom obliku EDTA. Helati su kompleksi koji nastaju spajanjem metala i spoja koji sadrži dva ili više potencijalnih liganada.

Uputstvo za pripremu hranjivog rastvora za tank od 250 l:

- o I Korak - Izvažite (vagon) ili izmjerite (graduiranom epruvetom) potrebne količine svakog mineralnog đubriva.
- o II Korak - Otopite svako mineralno đubrivo zasebno u posudama koje sadrže pola litre vode. Za otapanje kalijum sulfata preporučuje se vruća voda.
- o III Korak - Napunite rezervoar od 250 litara do pola vodom i umiješajte otopljen mineralna đubriva jedno po jedno, miješajući rastvor čistim, dezinficiranim priborom.
- o IV Korak - Napunite rezervoar vodom do 250 litara. Promiješajte rastvor tako da se hranjive materije ravnomjerno rasporede. Promiješajte i oksigenirajte rastvor hranjivih materija.
- Hranjivi rastvor treba mijenjati svakih 7 do 15 dana, jer se pH i elektrohemijska sposobnost rastvora mijenjaju tokom vremena dok se reciklira i biljke apsorbuju njegove hranjive tvari.
- Idealna elektroprovodljiva sposobnost (EC) za aeroponski sistem je 1,5 do 2,5 dS/m.
- Idealni pH za aeroponski sistem je blago kiseo, između 6,5 i 6,8.
- Regulacija pH vrijednosti se obično vrši kiselinama: nitratnom, sumpornom ili fosfornom. Ove kiseline se mogu koristiti pojedinačno ili u kombinaciji. Ako je potrebno povišiti pH, najbolje je koristiti hidrokside, posebno kalijum hidroksid.

MJERE OPREZA ZA PRIPREMU HRANJIVOG RASTVORA

- o Provjerite topljivost i kompatibilnost mineralnih đubriva s dobavljačem/ima.
- o Dodajte tekuća mineralna đubriva u vodu u spremniku prije dodavanja čvrstih mineralnih đubriva.
- o Mineralna đubriva dodajte polako, uz miješanje kako biste spriječili stvaranje netopljivih spojeva.
- o Stavite kiselinu u vodu, NE vodu u kiselinu.
- o Prilikom dodavanja hlora, uvijek dodajte hlor u vodu, a ne vodu u hlor.
- o Nikada ne miješajte kiselinu ili kiselo mineralno đubrivo s hlorom (stvorit će se natrijum hipohlorit, koji je otrovni plin).
- o Ne miješajte bezvodni amonijum (NH₃) ili amonijačnu vodu direktno s bilo kojom kiselinom. Reakcija je burna i trenutna.

- o Ne miješajte koncentrirane otopine mineralnih đubriva direktno s drugim koncentriranim otopinama mineralnih đubriva.
- o Ne miješajte spojeve koji sadrže sulfat sa spojevima koji sadrže kalcij (to će rezultirati netopljivim gipsom).
- o Ne miješajte mineralna đubriva koja imaju jako kiselu reakciju s drugima koja imaju jako alkalnu reakciju.
- o Ne miješajte fosfatna gnojiva s mineralnim đubrivima koja sadrže kalcij. Izuzetno tvrde vode će se kombinovati sa fosforom ili sulfatima i formirati nerastvorljive supstance.

MONITORING

Operateri, tehničko i laboratorijsko osoblje u pripremi hranjivog rastvora će u toku realizacije aktivnosti iz ove procedure biti pod nadzorom odgovorne osobe/voditelja projekta proizvodnje, da bi se zadovoljili neophodni kriterijumi za početak procesa proizvodnje.

KOREKTIVNE MJERE

Ponovno obučiti svakog zaposlenika za kojeg se utvrdi da ne slijedi procedure u ovom SOP-u.

Otkloniti kvarove, oprati, isprati i dezinficirati dijelove prostorije, opreme i sistema ako se otkrije da nisu funkcionalni, pravilno očišćeni ili dezinficirani. Osigurati da usljed nepoklopanja receptura i gotovog hranjivog rastvora se izvrše korektivne mjere kako bi se osigurali optimalni uslovi za rast i razvoj.

PROVJERA I VOĐENJE EVIDENCIJA:

Operateri koji učestvuju u aktivnostima pripreme hranjivog rastvora dužni su popuniti Izvještaj o analizi i stanju vode, Zapisnik o pripremi hranjivog rastvora, Dnevnik sedmičnih aktivnosti.

Rukovodilac projekta proizvodnje će provjeriti da li su operateri pravilno izvršili pripremu hranjivog rastvora PRIJE svakog puštanja rastvora u sistem proizvodnog ciklusa i popunjavanja u Dnevnika proizvodnih ciklusa. Dnevnik će se čuvati u evidenciji najmanje 1godinu.

SOP Procedura 4. Aklimatizacija i transplantacija in vitro propaganata biljaka

SVRHA: Omogućavanje adaptacije in vitro biljaka proizvodnim uslovima rast i razvoj krompira u aeroponskom sistemu.

OPSEG: Ovaj postupak se primjenjuje na sve operatere koji učestvuju u proizvodnom ciklusu i u njegovom monitoringu.

In vitro biljke je neophodno prilagoditi uslovima proizvodnog prostora i povećati njihov stepen tolerantnosti oscilacijama. Sadnice koje se koriste za aeroponiku obično potiču iz laboratorije (in vitro) ili iz reznica dobijenih od matičnih biljaka. U oba slučaja, preporučljivo ih je aklimatizovati.

Materijal koji je neophodan aklimatizaciju u substratu:

- o In vitro sadnice;
- o Plastične posude (duboke otprilike 6 cm, s rupama na dnu);
- o Sterilni supstrat (vermikulit/perlit 1:1, pijesak), supstrat treba imati nepravilnu, uglastu površinu i veličinu od 1 do 2 mm: ovo je supstrat koji daje najbolje rezultate kao supstrat za korijenje. Ako je veći od 2 mm, ima mali kontakt s korijenjem. S druge strane, previše sitni supstrat zadržava mnogo vlage, što istiskuje kisik i sprječava stvaranje korijena. Za dezinfekciju supstrata koristite natrijum hipohlorit, prokuhanu vodu ili paru;
- o Aphid net;
- o Nekontaminirana voda;
- o Posude za pranje korijena sadnica;
- o Početni rastvor hranjivih materija (koncentracije 50%);
- o Papirni ubrusi;
- o Anatomska pinceta;
- o Boca za pranje ili ručna prskalica;
- o Lateks rukavice za jednokratnu upotrebu;
- o Antiseptički alkohol (70%).

Procedura aklimatizacije u substratu:

- o Dezinfekcija supstrata:
 - Dezinfekcija supstrata natrijum hipohloritom: Ravnomjerno rasporedite 0,35% rastvor natrijum hipohlorita po substratu. Deset litara ovog rastvora može se koristiti za 300 kg substrata. Namočite deset minuta, a zatim isperite supstrat pet puta nekontaminiranom vodom kako biste uklonili natrijum hipohlorit. Sušite supstrat na sobnoj temperaturi na čistom mjestu, zaštićenom od kiše, četiri ili pet dana, kako bi hipohlorit ispario. Čuvajte supstrat u čistim vrećama od 15 kg radi lakšeg transporta.
 - Dezinfekcija prokuhanom vodom: Kuhajte supstrat s vodom deset minuta ili ga isperite nekoliko puta prokuhanom vodom. Sušite supstrat na sobnoj temperaturi na čistom mjestu, zaštićenom od kiše, jedan ili dva dana. Čuvajte supstrat u čistim vrećama od 15 kg radi lakšeg transporta.
 - Dezinfekcija parom: Ovo se može uraditi prenosnom opremom za proizvodnju pare ili autoklavima. Potrebna temperatura kreće se od 70 do 82°C, tokom 30

minuta. Temperature veće od 85°C mogu uzrokovati oslobađanje mangana ili otrovnih soli iz substrata.

Priprema plastičnih posuda

- o Napravite rupe na dnu plastične posude kako biste omogućili otjecanje viška vode.
- o Dezinficirajte posude 0,25%-tnom otopinom natrijevog ili kalcijevog hipoklorita.
- o Postavite mrežicu protiv lisnih uši na dno posude kako biste spriječili ispiranje pijeska prilikom navodnjavanja.
- o Dezinficirani pijesak stavite u posude u sloju debljine otprilike 5 cm.

Transplantacija in vitro biljaka u posude za aklimatizaciju

- o Dan za presađivanje treba biti oblačan i hladan, jer su svjetlost i visoke temperature stresni faktori za biljke.
- o Presađivanje bi po mogućnosti trebalo obaviti rano ujutro ili u sumrak, slijedeći ove korake:
- o Pridržavajte se higijenskih standarda za rukovanje biljkama.
- o Dezinficirani pijesak stavite u posude u sloju dubine približno 5 cm.
- o Uvjerite se da su epruvete ili magenta kutije pravilno označene nazivom sorte koja se presađuje.
- o Pripremite posudu s pitkom vodom i pladanj s vlažnim papirnim ubrusima na koje će se staviti biljke prije presađivanja.
- o Navlažite i zbijte substrat.
- o Napravite rupe prstom ili epruvetom, ostavljajući 3 do 4 cm između biljaka.
- o Rupe trebaju biti duboke 4 cm.
- o Vrlo pažljivo uklonite in vitro biljčice iz epruveta ili kutija **magenta**, jednu po jednu, uz pomoć pincete, bez lomljenja listova ili korijena.
- o Pažljivo operite korijenje biljaka destilovanom vodom. Za uklanjanje agara koji se možda zalijepio za korijenje može se koristiti i boca za pranje ili ručna prskalica.
- o Presadite biljke u rupe, pazeći da postoji dobar kontakt između biljke i substrata.
- o Lagano zalijte substrat početnim rastvorom hranjivih materija koji se koristi u aeroponici, u koncentraciji od 50%, bez uklanjanja substrata u blizini biljaka.
- o Navodnjavanje treba biti lagano i često, ovisno o temperaturi i isparavanju.
- o Osigurajte optimalne uslove osvjetljenja odnosno zasjenu za biljke kako biste spriječili prekomjernu evapotranspiraciju i venuće tokom prva dva ili tri dana.
- o In vitro kulture aklimatiziraju se 21 dana u sterilnom supstratu 1:1) uz visoku vlagu (80–90%) i temperaturu 15- 20°C.
- o Zatim ih postepeno podvrgnite uslovima proizvodnog prostora u kojem će konačno biti presađene.

MONITORING

Laboratorijsko osoblje u transplataciji in vitro biljaka će tokom svih radnih sati, vizuelno i fizički pregledati sve alate za obradu koji se koriste u procesu kao i biljke kako bi se osiguralo da nisu kontaminirani.

Operateri aeroponskog sistema i proizvodnog sistema će u toku realizacije aktivnosti iz ove procedure biti pod nadzorom odgovorne osobe/voditelja projekta proizvodnje, da bi se zadovoljili neophodni kriterijumi za obezbjeđenje optimalnih uslova za aklimatizaciju biljaka.

KOREKTIVNE MJERE

Ponovno obučiti svakog zaposlenika za kojeg se utvrdi da ne slijedi procedure u ovom SOP-u.
Otkloniti kontaminirane i loše biljke, oprati, isprati i dezinficirati dijelove prostorije i modula u kojem se nalazio, Osigurati da usljed nepoklopanja receptura i gotovog hranjivog rastvora se izvrše korektivne mjere kako bi se osigurali optimalni uslovi za rast i razvoj.

PROVJERA I VOĐENJE EVIDENCIJA

Laboratorijsko osoblje dužno je popuniti Izvještaj o transplataciji biljaka i zabilježiti aktivnosti u Dnevnik sedmičnih aktivnosti.

Operateri proizvodnog prostora su dužni obezbijediti optimalne uslove rasta i razvoja i evidentirati ih u Dnevnik sedmičnih aktivnosti. Dnevnik će se čuvati u evidenciji najmanje 1godinu.

SOP Procedura 5. Transplantacija aklimatiziranih biljaka u aeroponski sistem, upravljanje uslovima i hranjenjem u proizvodnom sistemu

SVRHA: Održavanje optimalnih uslova rasta i razvoja biljaka kroz sve faze u aeroponskom sistemu.

OPSEG: Ovaj postupak se primjenjuje na sve operatere koji učestvuju u proizvodnom ciklusu i u njegovom monitoringu.

Transplantacija aklimatiziranih biljaka u aeroponski sistem zahtjeva sljedeće materijale:

- o Ukorijenjene in vitro sadnice ili sadnice iz ukorijenjenih reznica;
- o 0,1% natrijum ili kalcijum hipohlorit;
- o Lateks rukavice za jednokratnu upotrebu;
- o 70% antiseptički alkohol;
- o Boca za pranje ili raspršivač sa destilovanom vodom;
- o Papirni ubrus;
- o Anatomska pinceta;
- o Dvije kante od 15 litara;
- o Kist za slikanje, 2,54 cm;
- o Mreža protiv lisnih uši;
- o Listovi spužve, debljine 1 do 2 cm;
- o Posude;
- o Posuda s destilovanom vodom;
- o Slamke za sok, dužine 15 do 25 cm, promjera od 5 mm do 1 cm;
- o Prozirne plastične čaše za jednokratnu upotrebu, kapaciteta 150 ml ili visine 8 cm;
- o Skalpel.

Procedura transplantacije aklimatiziranih biljaka u aeroponski sistem:

- o Dan kada ćemo presađivati ne smije biti previše svijetao ili pretopao, jer su to faktori stresa za sadnice. Najbolje je presađivati po oblačnim danima s temperaturama od 16 do 18°C i relativnom vlažnošću zraka od 80%, po mogućnosti rano ujutro ili popodne.
- o Prvo, provjerite da li proizvodni prostor ima odgovarajuće uslove za transplantaciju.
- o Pridržavajte se higijenskih standarda za rukovanje biljkama.
- o Pažljivo uklonite biljčice (bilo in vitro ili iz reznica) iz posuda za aklimatizaciju. Velika pinceta je od velike pomoći u tome. Fina četka je korisna za čišćenje korijena koji sadrži substrat. Ručni raspršivač se također može koristiti za čišćenje substrata bez oštećenja korijena.
- o Dezinficirajte korijenje sadnica koristeći 0,1% natrijum ili kalcijum hipohlorit.
- o Zatim ih operite pitkom vodom. Za ovaj postupak potrebne su nam dvije kante od 15 litara: jedna sa destilovanom vodom, a druga sa rastvorom kalcijum ili natrijum hipohlorita.
- o Dezinficirane sadnice stavite u posudu sa vlažnim papirnim ubrusom dok se vrši presađivanje.
- o Presadite u aeroponski modul, biljke se postavljaju u net-pot otvore koristeći spužve ili slamke za sok za potporu.
- o Upotreba spužve - spužva se koristi za početno podupiranje sadnica na poklopcu modula, unutar crijeva. Komad navlažene nove spužve se omota oko vrata svake sadnice.
- o Kada se biljčice postave sa spužvom u rupe, korijenje treba pažljivo gurnuti u modul pincetom, ostavljajući lišće vani.
- o Podizanjem poklopca modula provjerite da korijenje nije smotano u crijevu. U danima nakon presađivanja, spužva se može navlažiti kako bi se biljka opskrbila vlagom.

Tabela 6. Procedura upravljanje uslovima i hranjenjem u proizvodnom sistemu.

Faza razvoja	Opis faze	Ciljni pH	EC cilj (mS/cm)	Temperatura vode (°C)	Napomena
Aklimatizacija	Prvih 7–10 dana nakon presađivanja biljaka iz in vitro uslova; visoka vlažnost zraka i blago nutritivno rastvor	6.0 ± 0.2	1.0 – 1.2	18 – 20	Visoka RH (85–95%); prskanje svaka 3–5 min po 20 s; bez jakog svjetla
Vegetativni rast	Faza aktivnog razvoja listova i stabljike; intenzivna fotosinteza	6.0 ± 0.2	1.4 – 1.8	18 – 20	Umjerena RH (75–85%); EC kontrolisati dnevno; stabilna svjetlost 14–16 h
Indukcija tuberizacije	Početak formiranja gomolja, smanjenje temperature i povećanje udjela kalija u rastvoru	6.0 ± 0.2	1.6 – 2.0	16 – 18	Temperatura zraka snižena na 16–18°C; povećati K:N odnos na 1.8:1
Formiranje i dozrijevanje gomolja	Završna faza; rast i sazrijevanje mini-gomolja	6.0 – 6.2	1.6 – 2.0	16	Održavati nisku vlagu (70–75%) i stabilnu EC vrijednost
Završetak ciklusa	3–5 dana prije berbe; priprema za vađenje i sušenje gomolja	6.0	1.4	18	Ograničiti magljenje; omogućiti lagano sušenje korijena prije berbe

- o Prostor i aeroponski sistem moraju biti dezinficirani najmanje 24 sata prije transplantacije.
- o Aktivirati ventilaciju i klimatizaciju 1–2 sata prije sadnje kako bi se prostor stabilizovao na ciljnu temperaturu.
- o Prvih 72 sata sistem prska svakih 5 minuta po 20 sekundi kako bi se spriječio stres biljaka.
- o Tokom prva tri dana, biljke treba raspršivati rastvorom hranjivih tvari, koncentracije 50%. Nakon toga, rastvor hranjivih tvari treba koristiti u svojoj normalnoj dozi.
- o Optimalna temperatura zraka tokom vegetativne faze je 18–22°C, a relativna vlažnost 75–85%.
- o Temperatura vode 18 – 20 °C za vegetativni rast; 16 – 18 °C tokom formiranja gomolja.
- o Intenzitet osvjetljenja aklimatizacija (prvih 5-7 dana) $150 - 200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ sa fotoperiodom (svjetlo:mrak) 16h:8h; vegetativni rast $250 - 300 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ sa fotoperiodom 16h:8h; početak tuberizacije $300-400 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ sa fotoperiodom 14h:10h; aktivna tuberizacija $200-250 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ sa fotoperiodom 12–13 h : 11–12 h.

- o Nakon tri dana programirajte tajmer da uključuje sistem za navodnjavanje otprilike 15 sekundi svakih 15 minuta, 24 sata dnevno ili prema potrebama usjeva. Tokom hladnih dana i kada su biljke male, potreba za navodnjavanjem je manja nego u toplijim danima i za velike biljke.
- o pH radno: 6.0 ± 0.2 (vrijednost koju koristiti za dnevno upravljanje); korekcija prema fazi (vidi tabela).
- o EC radno: 1.4 – 1.8 mS/cm tijekom vegetativne faze; 1.6 – 2.0 mS/cm u fazi tuberizacije (po potrebi podići K odnos).
- o Preporučljivo je izmjeriti pH i EC svakog dana, jer nam ovi podaci govore kako se ponaša hranjivi rastvor. Tada možemo napraviti sve potrebne korekcije.
- o Zamjena hranjivog rastvora se preporučuje svakih 15 dana.
- o Postavite male prozirne ili bijele plastične čaše preko biljaka koje su upravo presađene kako biste spriječili prekomjerno prozračivanje i održali relativnu vlažnost zraka od 80 do 90%.
- o Pazite da korijenje bude izloženo raspršenom rastvoru i da prekrijte svaku tačku ulaska svjetlosti u module.
- o Izbjegavajte direktno izlaganje sunčevoj svjetlosti tokom prvih nekoliko dana nakon presađivanja. Koristite mrežu za sjenu na krovu kućice.
- o Dvije sedmice nakon presađivanja, kada se biljke adaptiraju i dostignu odgovarajuću veličinu, uklonite male plastične čašice.
- o Pazite da korijenje bude izloženo raspršenom rastvoru i da prekrijte svaku tačku ulaska svjetlosti u module zbog sprečavanja izbijanja bočnih izdanaka.
- o Izbjegavajte direktno izlaganje sunčevoj svjetlosti tokom prvih nekoliko dana nakon presađivanja. Ako je potrebno koristite mrežu za sjenu na krovu proizvodnog prostora.
- o Dvije sedmice nakon presađivanja, kada se biljke adaptiraju i dostignu odgovarajuću veličinu, uklonite male plastične čašice.
- o Kada se stoloni pojave na vrhu korijenovog sistema, biljke treba odmah spustiti, uvodeći dio stabljike s uklonjenim donjim listovima u modul. Kod većine sorti krompira, stoloni se pojavljuju 30 do 40 dana nakon presađivanja.
- o Odrežite 3 ili 4 donja lista sa svake biljke koristeći skalpel.
- o Ostavite rane da zacjeljuju 2 ili 3 dana.
- o Umetnite 8 do 12 cm stabljike u modul, vodeći računa o higijenskim mjerama.
- o Biljke mogu same stajati uspravno tri ili četiri sedmice. Nakon toga, i nakon što se stabljika spusti, brzo rastu i potrebna im je podrška, kao što su: bambusovi kolci, žičana mreža, poljoprivredni najlon ili rafija, ovisno o korištenoj metodi, sredstvima i materijalima dostupnim lokalno.
- o Bambusovi štapovi:
 - Ako koristite bambusove kolce, prvo ih dezinficirajte 1%-tnim rastvorom natrijum ili kalcijum hipohlorita.
 - Pridržavajte se higijenskih standarda za rukovanje biljkama.
 - Postavite redove bijelog kanapa preko modula gdje biljke rastu kako biste pružili potporu za bambusove kolce.
 - Objesite kolce vertikalno.
 - Pričvrstite biljke na bambusove kolce vezicama ili kanapom dok rastu.
- o Najlonska mreža:
 - Najlonska mreža mora biti dezinficirana.
 - Pridržavajte se higijenskih standarda za rukovanje biljkama.
 - Postavite najlonsku mrežu 30 cm iznad aeroponskog modula, pričvršćenu za stupove za vješanje.
 - Kako biljke rastu, treba dodati više mreže kako bi se usmjerio njihov rast.

- o Upravljanje proizvodnjom sjemenskog krompira u aeroponici treba uključivati dvije vrste orezivanja, kako bi se omogućio optimalan rast i razvoj:
 - Orezivanje radi kontrole visine biljaka
 - Ovo orezivanje se sastoji od rezanja vršnih izdanaka i vrši se na početku rasta gomolja. Orezivanje smanjuje veličinu biljke, što olakšava njeno upravljanje bez značajnog smanjenja produkcije mini gomolja. Ovaj postupak se preporučuje za sorte tipa andigena, ali ne i za sorte andigena x tuberosum i spp. tuberosum, jer one ne razvijaju obilno lišće.
 - Pridržavajte se higijenskih standarda za operatere i alat prilikom rukovanja s biljkama.
 - Nakon prve berbe mini gomolja, skalpelom odrežite vršne klice, ostavljajući biljke prosječne visine od 80 cm. Skalpel se postavlja pod pravim uglom kako bi se napravio čist i čvrst rez. Čvrsta podloga, poput presavijenog papirnog ubrusa, pomaže u postizanju ovakvog reza. Pazite da se ne porežete.
 - Orezivanje radi uklanjanja starog ili bolesnog biljnog tkiva (sanitarna rezidba)
 - Ova rezidba se sastoji u rezanju bočnih izdanaka i oboljelih listova. Obavlja se u bilo koje vrijeme tokom vegetativnog rasta, kad god je potrebno ukloniti oboljele listove.
 - Ova rezidba se preporučuje i kod sorti koje razvijaju obilno lišće, kako bi se osigurala dobra ventilacija između poklopca modula i lišća. U ovom slučaju, bočne stabljike i donje listove treba ukloniti.
 - Pridržavajte se higijenskih standarda za rukovanje biljkama.
 - Uklonite donje bočne stabljike i oboljele listove skalpelom, u bilo kojem trenutku tokom vegetativnog ciklusa.
 - Orezane listove stavite direktno u plastičnu vrećicu kako biste ih odložili na udaljenosti od proizvodnog prostora, čime ćete spriječiti kontaminaciju aeroponskog usjeva.

MONITORING

Operateri aeroponskog sistema i proizvodnog sistema će:

U toku realizacije aktivnosti iz ove procedure biti pod nadzorom odgovorne osobe/voditelja projekta proizvodnje, da bi se zadovoljili neophodni kriterijumi za obezbjeđenje optimalnih uslova za rast i razvoj biljaka.

KOREKTIVNE MJERE

Ponovno obučiti svakog zaposlenika za kojeg se utvrdi da ne slijedi procedure u ovom SOP-u. Otkloniti kontaminirane i loše biljke, oprati, isprati i dezinficirati dijelove prostorije i modula u kojem se nalazio, Osigurati da usljed nepoklopanja receptura i gotovog hranjivog rastvora se izvrše korektivne mjere kako bi se osigurali optimalni uslovi za rast i razvoj.

PROVJERA I VOĐENJE EVIDENCIJA:

Operateri proizvodnog prostora su dužni obezbijediti optimalne uslove rasta i razvoja i evidentirati ih u Dnevnik sedmičnih aktivnosti. Dnevnik će se čuvati u evidenciji najmanje 1 godinu.

SOP Procedura 6. Kontrola bolesti, biosigurnost, monitoring i održavanje proizvodnog sistema

SVRHA: Sprječavanje kontaminacija, infekcija i kvarova tokom rasta i razvoja biljaka u aeroponskom sistemu, osiguravanje biosigurnosti i održavanje optimalnih uslova za proizvodnju zdravih minitubera krompira..

OPSEG: Ovaj postupak se primjenjuje na sve operatere i tehničare koji učestvuju u pripremi, rukovanju i održavanju aeroponskog sistema tokom cijelog proizvodnog ciklusa, uključujući prostor, opremu, hranjivi rastvor i biljni materijal.

Da bi se osigurali visoki sanitarni zahtjevi koji su zasnovani na principu “nulta tolerancija kontaminacije neophodno je provoditi određene biosigurnosne mjere.

Biosigurnosne mjere:

- o Implementacija SOP Procedure BROJ 1.
- o Ulazak samo osoblju upisanom u evidenciju i obučenom za rad u sterilnom prostoru.
- o Obavezno: dezobarijera s 1 % NaOCl, dezinfekcija ruku 70 % etanolom, čiste rukavice, kapa, mantil i obuća.
- o Zabranjeno: unos biljnog materijala iz drugih prostora, unošenje hrane, pića ili mobilnih uređaja.
- o Prihvatni limiti prije punjenja: ukupni brojevi aerobnih bakterija < 100 CFU/mL, koliformi 0 CFU/100 mL, gljivice < 10 CFU/mL.
- o Metodologija: uzorak vode 250 mL, akreditirana mikrobiološka analiza (membranska filtracija / kultivacija) ili brzi testovi (Hanna/portable kits) za screening.
- o Frekvencija testiranja: početno ispitivanje pred svakih 7 dana u aktivnim proizvodnim ciklusima; dodatno nakon svake dekontaminacije s NaOCl/H₂O₂ i nakon ponovnog punjenja.
- o Ako se detektira > prihvatne vrijednosti — odmah: isprazniti rezervoar, tretirati sistem 3% H₂O₂ + UV ≥ 40 mJ/cm² i izvršiti ponovni test prije puštanja u rad.
- o Monitoring pojave biljnih bolesti i kontaminacija

Tabela 7. Kontaminacija patogenima i mjere

Patogen / problem	Simptomi	Preventivne mjere	Kurativne mjere
Pectobacterium spp. (meko truljenje)	Vodenasti stabljike, neugodan miris, truljenje korijena	Sterilna voda, dezinfekcija 1 % NaOCl, dobra ventilacija, bez viška vlage	Ukloniti zaražene biljke, isprati sistem 3 % H ₂ O ₂ , dezinfekcija cjevovoda
Ralstonia solanacearum (bakterijsko venuće)	Venuće, tamni sudovi, bakterijski iscjedak	Koristiti certificiran sadni materijal, sterilna voda, filtracija	Uništiti biljke, sterilizovati komoru, zamjena cijele otopine
Fusarium spp.	Suho venuće, bijela micelija na stabljici	Dezinfekcija opreme, održavanje pH < 6, spriječiti stagnaciju vode	Ukloniti biljke, dezinficirati sistem s 3 % H ₂ O ₂ , tretman otopine UV-om
Rhizoctonia solani	Crne sklerocije na stabljici i korijenu	Izbjegavati previsoku vlagu i temperaturu > 24 °C	Fizičko uklanjanje zaraženih biljaka, čišćenje komore
Alternaria solani (pjegavost)	Tamne koncentrične pjege na listovima	Dobra cirkulacija zraka, suha lisna masa, izbjegavati kondenzaciju	Ukloniti oštećene listove, dezinfekcija prostora, eventualno biokontrola (Bacillus subtilis)
Alternaria solani (pjegavost)	Tamne koncentrične pjege na listovima	Dobra cirkulacija zraka, suha lisna masa, izbjegavati kondenzaciju	Ukloniti oštećene listove, dezinfekcija prostora, eventualno biokontrola (Bacillus subtilis)

SOP 1/25: Proizvodnja elitnog sadnog materijala – mini tubera krompira u aeroponskom sistemu
Verzija: 1.0

Botrytis cinerea (siva plijesan)	Siva prevlaka, truljenje stabljike i listova	Održavati RH < 85 %, dobar protok zraka	Ukloniti biljni materijal, dezinficirati površine 70 % etanolom
Saprolegnia / alge u sistemu	Zelene naslage, začepljenje mlaznica	Pokriven rezervoar, neprozirne cijevi, UV tretman vode	Čišćenje sistema, tretman s 3 % H ₂ O ₂ , zamjena otopine
Tripsi / lisne vaši	Deformisani listovi, srebrenkaste pjege	Ljepljive žute ploče, mreže na ventilacijama	Ukloniti mehanički, koristiti biološke agense (Amblyseius swirskii, Beauveria bassiana)
Grinje (Tetranychus urticae)	Sitne bijele tačke na listovima, paučina	Kontrola temperature i vlage, redovan pregled	Ukloniti zahvaćene biljke, biokontrola – Phytoseiulus persimilis

- Zaražene biljke se odmah uklanjaju u plastične vrećice sa hermetičkim zatvaračem, a posude i zone tretiraju 1% NaOCl
- U sistemu ne smiju biti prisutni ostaci biljaka ili biofilm na površinama. Biljni otpad se autoklavira prije odlaganja.
- Miješajte i oksigenirajte hranjivu otopinu čistim, dezinficiranim rukama i alatima.
- Postavljanje žutih klopki na dvije ili tri tačke u proizvodnom prostoru u ne samo da pomaže u kontroli insekata, već je korisno i za otkrivanje njihovog prisustva. Ako klopke privlače mnogo insekata, to ukazuje na to da negdje unutar proizvodnog prostora postoji prostor koji nije pravilno zatvoren ili da je operater bio nemaran.
- Koristite antipatogene aditive, kao što su hlor ili izopropil alkohol (manje toksični od natrijum hipohlorita) u rastvoru hranjivih materija. U slučaju hlora, možemo primijeniti 0,5 do 2 ppm natrijum ili kalcijum hipohlorita.
- U slučaju pojave patogena će biti potrebno koristiti fungicide. Pokušajte koristiti samo 50% preporučene doze za obične biljke. Preporučuje se da se uvijek pridržavate pravila za sigurnu upotrebu pesticida. Uvijek treba koristiti zaštitnu opremu.
- Preporučljivo je primijeniti pesticide krajem popodneva, kako bi se izbjeglo previše sunca i vrućine, koji mogu opeći biljke, a također i radi sigurnosti rukovatelja proizvodnim prostorom.
- Mora se poštovati vremenski period za ponovni ulazak u proizvodni prostor nakon prskanja pesticidima. Obično je to 12 do 24 sata. Zato je najbolje primijeniti pesticide na kraju dana, a po mogućnosti u petak, izbjegavajući ponovni ulazak do sljedećeg ponedjeljka.
- Nikada ne miješajte pesticide s hranjivim rastvorom, osim ako prethodni testovi nisu pokazali da je to sigurno.
- Svake sedmice neophodno je očistiti prašinu nakupljenu na modulima vlažnom spužvom sa 1%-tnim rastvorom NaOCl.
- Monitoring i održavanje sistema su ključni za uspješnost proizvodnog ciklusa a podrazumijevaju aktivnosti predstavljene u sljedećoj tabeli.

Tabela 8. Aktivnosti održavanja proizvodnog sistema

Aktivnost	Frekvencija	Evidencija
Vizuelni pregled biljaka	Svakodnevno	Dnevnik sedmičnih aktivnosti i Izvještaj o bolestima i kontaminacijama
Provjera mirisa i boje otopine	Svakodnevno	Dnevnik sedmičnih aktivnosti
Testiranje vode (hemijske karakteristike i mikrobiologija)	1× mjesečno	Zapis o kvaliteti vode
Provjera pH i EC	Svakodnevno	Dnevnik sedmičnih aktivnosti
Pregled tanka, pumpe, filtera i mlaznica	2× sedmično	Evidencija održavanja
Kalibracija senzora (pH, EC, temp.)	1× mjesečno	Zapis o kalibraciji
Pregled ventilacije i LED rasvjete	1× sedmično	Dnevnik sedmičnih aktivnosti

- Dezinfikujte rezervoar za rastvor sa 1% hipohlorita svaki put kada se rastvor hranjivih materija obnovi.
- Rezervoar mora biti pokriven i zasjenjen da se spriječi razvoj algi.
- Svakodnevno provjeravajte da li ima curenja u cijevima, jer ona dovode do pada pritiska u mikro prskalicama i, posljedično, neravnomjerne distribucije rastvora hranjivih materija do korijenja. Također uzrokuju mehanička oštećenja pumpi.
- Ako se pojavi curenje, taj dio cijevi treba demontirati, vodovodne elemente zamijeniti i sve dijelove pravilno podesiti.
- Dok provjeravate cijevi, ne zaboravite provjeriti da li mikro prskalice ispravno rade i, ako je potrebno, očistiti ih ili zamijeniti.
- Perite prstenaste filtere jednom sedmično. Ovo sprječava začepljenje mikro prskalica
- U slučaju mikrobioloških filtera, slijedite preporuke proizvođača za njihovo održavanje.
- Pratite raspone pritiska na kojima pumpe trebaju raditi: između 20 i 40 psi ili između 15 i 35 psi. Ovi rasponi pritiska zavise od toga koliko dugo je pumpa u upotrebi. Kada je pumpa nova, koristi se prethodni raspon; a kada je pumpa korištena jedan ili više ciklusa, treba biti unutar drugog raspona kako bi se osiguralo ravnomjerno navodnjavanje korijenja. Ako pritisak nije unutar idealnih raspona, mora se instalirati rezervna pumpa, a oštećena poslati na održavanje. Obično, kada pumpa pokazuje pad pritiska, mehaničko zaptivanje treba zamijeniti, jer se troši upotrebom.

Sedmično održavanje:

- Isprati filtere i UV jedinice.
- Očistiti vanjske površine LED panela i reflektore.
- Provjeriti stezanje crijeva, spojeva i zaptivki.
- Provjeriti rad klimatizacije, ventilacije i ovlaživača.
- Zamijeniti dezbarijeru (rastvor NaOCl) svježim.

Nakon svake proizvodne serije

- Ukloniti sve biljke i biljni materijal.
- Isprati sistem vodom i tretirati 1 % NaOCl (30 min).
- Ispirati 2× sterilnom vodom.
- Osušiti sve dijelove kompresovanim zrakom ili sterilnim ventilatorom.
- Očistiti zidove, LED rasvjetu i ventilacione kanale.
- Evidentirati završetak dezinfekcije u dnevniku sistema.

ODRŽAVANJE PROIZVODNOG PROSTORA

Tabela 9. Aktivnosti održavanja proizvodnog prostora

Element	Aktivnost	Frekvencija	Napomena
Podovi i prolazi	Pranje i dezinfekcija (NaOCl 1 %)	2× sedmično	Bez zadržavanja vode
Zidovi i plafon	Brisanje i dezinfekcija	1× mjesečno	Koristiti kvartarne amonijake
Ventilacija i filteri	Čišćenje HEPA filtera	1× mjesečno	Po potrebi češće
Rasvjeta	Čišćenje LED pokrova	1× sedmično	Bez direktnog prskanja
Klimatizacija	Dezinfekcija filtera i odvoda	1× mjesečno	Spriječiti kondenzaciju

MONITORING

Operateri aeroponskog sistema i proizvodnog prostora će:

- Tokom realizacije aktivnosti iz ove procedure biti pod neposrednim nadzorom odgovorne osobe / voditelja proizvodnje, kako bi se osiguralo dosljedno provođenje svih biosigurnosnih i fitosanitarnih mjera.
- Dnevno pratiti rad aeroponskog sistema, uključujući temperaturu, vlažnost, pH, EC, osvjetljenje, stanje biljaka i funkcionalnost pumpi i prskalica.
- Evidentirati sve promjene i nepravilnosti u radu sistema u „Dnevniku operativnih aktivnosti“.
- Odmah prijaviti voditelju proizvodnje sve znakove mogućih kontaminacija, pojavu bolesti ili promjene u kvalitetu hranjive otopine.
- Sarađivati s tehničarom sistema pri redovnom sedmičnom pregledu mikroklimatskih uslova, dezinfekcija i stanja opreme.

KOREKTIVNE MJERE:

- U slučaju odstupanja od utvrđenih procedura, nepravilnog rukovanja ili pojave kontaminacija, obavezno se provode sljedeće mjere:
- Ponovno educirati svakog zaposlenika za kojeg se utvrdi da ne slijedi odredbe ovog SOP-a, uz evidentiranje datuma i potpisa o provedenoj obuci.
- Odmah ukloniti kontaminirane ili oštećene biljke iz sistema, izolovati sektor i obaviti dezinfekciju modula i površina u kontaktu s biljnim materijalom (1 % NaOCl ili 3 % H₂O₂, zatim ispiranje sterilnom vodom).
- Ispitati uzrok kontaminacije (voda, oprema, ruke, ventilacija).
- Ako se utvrdi da hranjivi rastvor ne odgovara standardnoj recepturi, izvršiti korekciju odnosa hranjivih elemenata i pH vrijednosti te pripremiti novi rastvor.
- Voditelj proizvodnje je dužan potvrditi da su svi korektivni postupci sprovedeni prije ponovnog uključivanja sistema u rad.
- O svakoj korektivnoj mjeri vodi se pisani zapis u okviru „Evidencije o korektivnim radnjama“.

PROVJERA I VOĐENJE EVIDENCIJA

Operateri su odgovorni za svakodnevno praćenje i evidentiranje svih parametara koji utiču na rast i razvoj biljaka (temperatura, vlaga, pH, EC, svjetlo, bolesti, stanje opreme).

Svi podaci se unose u „Dnevnik sedmičnih aktivnosti“, koji mora sadržavati:

- o datum i vrijeme nadzora,
- o ime operatera,
- o izmjerene vrijednosti mikroklime i otopine,
- o zapažene promjene ili mjere koje su poduzete.

SOP 1/25: Proizvodnja elitnog sadnog materijala – mini tubera krompira u aeroponskom sistemu
Verzija: 1.0

Voditelj proizvodnje provjerava tačnost i potpunost evidencija sedmično i potvrđuje pregled potpisom. Dnevnik i svi prateći zapisi (dezinfekcija, kalibracije, održavanje, korektivne mjere) čuvaju se najmanje 12 mjeseci u arhivi biosigurnosne dokumentacije, a po potrebi i duže za potrebe inspekcije i certifikacije.

SOP Procedura 7. Berba, klasifikacija i skladištenje mini tubera

SVRHA: Optimizacija berbe, klasifikacije i skladištenja te sprječavanje degradacije, kontaminacije i infekcije dobivenog sadnog materijala mini tubera krompira.

OPSEG: Ovaj postupak se primjenjuje na sve operatere i tehničare koji učestvuju u berbi, klasifikaciji i skladištenju mini tubera krompira iz aeroponskog sistema tokom cijelog proizvodnog ciklusa.

Kada mini tuberi dostignu odgovarajuću težinu i veličinu (8 do 10 g), treba ih ubrati; i potrebni su im odgovarajući uslovi skladištenja kako bi se potakla fiziološka promjena koja će im omogućiti da se koriste kao sadni materijal. Žetve se odvijaju sekvencijalno, u intervalima od jedne do dvije sedmice. Broj žetvi varira od tri do deset.

Postupak za sekvencijalne žetve. Za žetvu mini gomolja uzgojenih aeroponskim putem, potrebno nam je:

- Rastvor sapuna
- 1% natrijum ili kalcijum hipohlorit
- Rukavice za jednokratnu upotrebu od lateksa
- 70% antiseptički alkohol
- Kante
- Plastične posude/tacne
- Čista voda

Postupak

Prije same aktivnosti žetve:

- Pregledajte higijenske standarde za rukovanje biljkama i pripremite materijal za žetvu.
- Odredite najbolje vrijeme za početak žetve: kada mini gomolji dostignu težinu od 8 do 10 g i prečnik od 2 do 3 cm. Ova težina i veličina su idealne za korištenje kao sadnog materijala na polju.

Tokom aktivnosti žetve:

- Pridržavajte se higijenskih standarda za rukovanje biljkama.
- Mijenjajte rukavice ili nanesite 70% antiseptičkog alkohola na ruke svaki put kada ćete brati biljke iz novog (narednog) aeroponskog modula, kako biste smanjili rizik od kontaminacije.
- Uberite mini gomolje kroz otvore aeroponskih modula s velikom pažnjom, kako biste izbjegli oštećenje korijena ili pad drugih malih mini gomolja s iste biljke ili obližnjih biljaka.
- Uklonite sve mini gomolje koji padnu s aeroponskih modula.

Nakon aktivnosti žetve:

- Nakon što se uberu, mini gomolje treba oprati 1%-tnim rastvorom natrijum ili kalcijum hipohlorita, a zatim ih isprati tri ili četiri puta čistom vodom. Ostavite da se suše na sobnoj temperaturi nekoliko sati.
- Zatim biste trebali klasificirati mini gomolje prema njihovoj težini, odbacujući one koji pokazuju deformacije ili bilo kakvu vrstu fiziološkog oštećenja.
- Nakon toga ih je potrebno "sušiti", odnosno staviti u uslove okoline koji će omogućiti njihovoj koži da se stvrdne i zacijeli sve povrede koje su se mogle dogoditi tokom

- berbe. Ti uslovi su: temperatura od 15 do 20°C, relativna vlažnost od 80 do 90%, slaba difuzna svjetlost, na čistim, suhim posudama, tokom 7 do 10 dana. Tokom ovog procesa, možete također ukloniti sve mini gomolje koji pokazuju deformacije ili simptome fiziološkog oštećenja.
- Naknadne berbe se obavljaju na isti način, nakon otprilike jedne ili dvije sedmice, kada postoje mini gomolji odgovarajuće težine i veličine.

Klasifikacija mini tubera

Nakon svake berbe, mini gomolji se klasificiraju po težini kako bi se olakšala njihova daljnja manipulacija.

Tabela 10. Klasifikacija mini tubera

Klasa mini tubera	Masa (g)
Prva	Iznad 10 g
Druga	Iznad 5 g do 10 g
Treća	Iznad 2 g do 5 g
Četvrta	Do 2 g

Mini tuberi se kreću od 0,5 do 30 g, iako je povremeno moguće dobiti mini tubere i do 60 g. Često najveći postotak mini tubera teži manje od 5 g, iako to ovisi o sorti, uvjetima okoline i načinu uzgoja.

Skladištenje

Mini tuberi proizvedeni drugim tehnologijama imaju istu fiziološku starost, budući da se beru na kraju vegetativnog ciklusa biljaka. U slučaju aeroponike, na kraju ciklusa uzgoja, prvi minigomolji već klijaju, dok posljednji ubrani minigomolji još uvijek nemaju klice.

- Jedan od načina suzbijanja efekata različite fiziološke starosti je stavljanje minigomolja iz ranih berbi u rashladne prostorije ili hladne komore.
- Drugi način je tretiranje minigomolja iz posljednjih berbi hormonima kako bi se ubrzalo klijanje.

U oba slučaja, ideja je kombinovati minigomolje iz nekoliko berbi i osigurati ujednačeno klijanje. Ipak, uprkos ovim tretmanima, vrlo je vjerovatno da će biti nekih minigomolja sa dobro razvijenim klicama i drugih sa klicama koje tek počinju da se razvijaju. To uzrokuje neujednačeno nicanje na polju, ali veličina biljaka se obično izjednačava do trenutka kada procvjetaju.

Za skladištenje mini gomolja, moramo uzeti u obzir sljedeće faktore:

- Temperatura i svjetlost
 - o Ako ih trebamo skladištiti relativno dugo (sedmice ili mjeseci) ili ako želimo grupirati mini gomolje iz nekoliko berbi kako bismo postigli ujednačeno klijanje, tada temperatura skladištenja treba biti 4 do 5°C, a u tu svrhu trebamo koristiti hladne prostorije, bez svjetla.
 - o Ako se mini gomolji trebaju koristiti kratkoročno, odnosno ako želimo omogućiti klijanje kako bi bili spremni za sadnju, trebali bismo ih skladištiti na sobnoj temperaturi (12 do 18°C). Ako želimo ubrzati klijanje, možemo mini gomolje skladištiti na mjestima s višim temperaturama.

U svakom slučaju, mjesto skladištenja treba imati difuzno svjetlo, jer ono potiče ozelenjavanje kože mini gomolja, olakšava prekid apikalne dominacije i pogoduje proizvodnji kvalitetnih klica (kratkih i snažnih) i pojavi korijenskih primordijala.

- Vlažnost
 - o Mini tuberi su vrlo osjetljivi na dehidraciju, jer im je kožica tanka, a odnos površine i zapremine visok. Zbog toga se u skladištu mora održavati relativna vlažnost od 90 do 95%. Međutim, veća vlažnost može uzrokovati kondenzaciju vode na površini minigomolja, što pogoduje razvoju patogena.
- Ventilacija
 - o Toplota i gasovi poput CO₂ proizvedeni disanjem uskladištenih mini tubera moraju se trajno odvoditi prirodnom ili prisilnom ventilacijom, kako bi se smanjili gubici i pogodovalo optimalno klijanje. Međutim, prekomjerna ventilacija dovodi do prekomjernih gubitaka vode, tako da mini gomolji dehidriraju i njihov kvalitet se pogoršava.

Karakteristike skladišnog prostora, postoje dva tipa:

- Hladna prostorija. Koristi se za skladištenje mini gomolja na kratko vrijeme (jedan do dva mjeseca), a zatim se stavljaju da klijanju pod potrebnim uslovima. Mini gomolji se čuvaju na temperaturi od 4 do 5°C, vlažnosti od 90 do 95% i bez svjetlosti.
 - Skladište. Da bi mini gomolji mogli proklijati, skladište mora imati sljedeće karakteristike:
 - o Sigurno, kako bi se spriječila krađa.
 - o Čisto.
 - o Sa policama gdje se mogu postaviti posude s mini gomoljima.
 - o Sa temperaturom koja će omogućiti pravilno klijanje gomolja (između 12 i 18°C). Ako želimo ubrzati klijanje, temperature će morati biti više.
 - o Sa vlažnošću okoline od 90 do 95%. Da bi se to osiguralo, posude sa čistom vodom ili ovlaživačima zraka trebaju biti postavljene na pod.
 - o Sa difuznim svjetlom.
 - o Sa mrežom protiv lisnih uši i zaštitom od glodara.
 - Da bi se spriječilo truhljenje i razvoj dugih, bjelkastih klica, mini gomolje treba postaviti na posude s najviše tri sloja. Nikada ih ne treba skladištiti u vrećama ili hrpama.
 - U skladištu za klijanje, mini gomolje treba premještati svake dvije ili tri sedmice kako bi se osiguralo da svi dobiju difuznu svjetlost i da se postigne ravnomjerno klijanje.
 - Ako mini gomolji pokazuju apikalnu dominaciju tokom skladištenja, potrebno je ukloniti klice i smjestiti ih u okruženje s temperaturama od 15 do 20°C i 90 do 95% relativne vlažnosti, s difuznim svjetlom i dobrom ventilacijom, kako bismo stimulirali razvoj preostalih klica. Ne uklanjajte klice s mini gomolja težine manje od 8 g jer će izgubiti snagu rasta.
- MONITORING:

Operateri aeroponskog sistema i proizvodnog prostora će:

- Tokom realizacije aktivnosti iz ove procedure biti pod neposrednim nadzorom odgovorne osobe / voditelja proizvodnje, kako bi se osiguralo dosljedno provođenje svih procedura.
- Dnevno pratiti rast i razvoj minitubera kada dođu do faze tuberizacije.
- Evidentirati sve promjene i nepravilnosti u radu sistema u „Dnevniku operativnih aktivnosti“.
- Odmah prijaviti voditelju proizvodnje sve znakove mogućih kontaminacija, pojavu bolesti ili promjene u kvalitetu hranjive otopine.

- Sarađivati s tehničarom sistema pri redovnom sedmičnom pregledu mikroklimatskih uslova, dezinfekcija i stanja opreme.

KOREKTIVNE MJERE:

U slučaju odstupanja od utvrđenih procedura, nepravilnog rukovanja ili pojave kontaminacija, obavezno se provode sljedeće mjere:

- Ponovno educirati svakog zaposlenika za kojeg se utvrdi da ne slijedi odredbe ovog SOP-a, uz evidentiranje datuma i potpisa o provedenoj obuci.
- Odmah ukloniti kontaminirane ili oštećene tubere iz sistema ili skladišta, izolovati sektor i obaviti dezinfekciju modula i površina u kontaktu s biljnim materijalom (1 % NaOCl ili 3 % H₂O₂, zatim ispiranje sterilnom vodom).
- Ispitati uzrok kontaminacije u skladištu (voda, oprema, ruke, ventilacija).
- Voditelj proizvodnje je dužan potvrditi da su svi korektivni postupci sprovedeni prije ponovnog uključivanja sistema u rad.
- O svakoj korektivnoj mjeri vodi se pisani zapis u okviru „Evidencije o korektivnim radnjama“.

PROVJERA I VOĐENJE EVIDENCIJA:

- Operateri su odgovorni za svakodnevno praćenje i evidentiranje svih parametara koji utiču na rast i razvoj biljaka (temperatura, vlaga, pH, EC, svjetlo, bolesti, stanje opreme) kao i količine prinosa.
- Svi podaci se unose u „Dnevnik sedmičnih aktivnosti“, koji mora sadržavati:
 - o datum i vrijeme nadzora,
 - o ime operatera,
 - o izmjerene vrijednosti mikroklime i otopine,
 - o zapažene promjene ili mjere koje su poduzete.
- Voditelj proizvodnje provjerava tačnost i potpunost evidencija sedmično i potvrđuje pregled potpisom.
- Dnevnik i svi prateći zapisi (dezinfekcija, kalibracije, održavanje, korektivne mjere) čuvaju se najmanje 12 mjeseci u arhivi biosigurnosne dokumentacije, a po potrebi i duže za potrebe inspekcije i certifikacije.

HISTORIJA REVIZIJE DOKUMENTA

SOP br.	AUTOR/I	DATUM KREIRANJA
3/25	Merim Halilović, Jasmin Grahić, Mirha Đikić, Drena Gadžo, Arnela Okić, Ajdin Avdović	22. 10. 2025.

NAZIV PROCEDURE
PROIZVODNJA ELITNOG SADNOG MATERIJALA – MINI TUBERA KROMPIRA U AEROPONSKOM SISTEMU

Verzija	Datum odobrenja	Autor/i	Opis revizije
1.0		Merim Halilović, Jasmin Grahić, Mirha Đikić, Drena Gadžo, Arnela Okić, Ajdin Avdović	Novi dokument

LAB-SPECIFIČNA REVIZIJA

Verzija	Datum odobrenja	Autor	Opis revizije