

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Zavod za molekularnu biologiju

Interna skripta
Kultura biljnoga tkiva

Prof.dr.sc. Nataša Bauer
Dr. sc. Mateja Jagić
Gaj Keresteš, univ. mag. biol. mol.

Zagreb, 2025

Sadržaj

Sažetak vježbi iz Kulture biljnog tkiva:	4
VJEŽBA 1: PRIPREMA HRANJIVIH PODLOGA	5
1.1 Hranjive podloge	5
1.1.1 Anorganske soli: makro- i mikroelementi	5
1.1.2 Organske komponente	5
1.2 Sterilizacija hranjivih podloga	7
1.3 Eksperimentalni rad	8
1.3.1 Priprema hranjive podloge za kulturu torenije	8
1.3.2 Priprema hranjive podloge za kulturu duhana	9
1.3.3 Priprema hranjive podloge za nasađivanje sjemenki različitih povrtnih vrsta	11
VJEŽBA 2: TRANSFORMACIJA BILJNOG TKIVA – AGROINFILTRACIJA LISTOVA DUHANA (<i>Nicotiana benthamiana</i>)	12
2.1 Priprema agrobakterija za agroinfiltraciju	12
2.2 Proces agroinfiltracije	13
VJEŽBA 3: UMNAŽANJE BILJAKA METODOM ADVENTIVNIH PUPOVA	14
3.1 Rad u sterilnim uvjetima	14
3.2 Umnažanje biljaka metodom adventivnih pupova	14
VJEŽBA 4: UMNAŽANJE BILJAKA METODOM NODALNIH SEGMENTA	17
4.1 Umnažanje biljaka metodom nodalnih segmenata	17
4.2 Protokol za umnažanje torenije metodom pojedinačnih nodija	17
VJEŽBA 5: STERILIZACIJA I NASAĐIVANJE SJEMENKI RAZLIČITIH POVRTNIH VRSTA	19
5.1 Sterilizacija biljnog tkiva	19
5.1.1 Sterilizacija sjemenki	19
VJEŽBA 6. ISPITIVANJE STANIČNE VIJABILNOSTI	21

Sažetak vježbi iz Kulture biljnog tkiva:

1. termin

- Priprema hranjivih podloga
- Agroinfiltracija listova duhana

2. termin

- Umnažanje biljaka metodom adventivnih pupova: kultura duhana
- Umnažanje biljaka metodom nodalnih segmenata: kultura torenije
- Sterilizacija i nasađivanje sjemenki različitih povrtnih vrsta
- Pokazno: Ispitivanje stanične vijabilnosti

3. termin – po dogovoru (kraj travnja, početak svibnja)

- Analiza rezultata praktikuma

VJEŽBA 1: PRIPREMA HRANJIVIH PODLOGA

1.1 Hranjive podloge

Postoji veći broj dobro poznatih hranjivih podloga te njihove brojne modifikacije. Kod uspostavljanja nove kulture hranjivu podlogu odabiremo prema literaturi koja sadrži podatke o radu na istoj biljnoj vrsti ili sličnom cilju istraživanja. Potom eksperimentalno ispitujemo nekoliko poznatih podloga uz varijaciju sadržaja dodataka, naročito regulatora rasta. Sve podloge za aseptičke kulture biljnoga tkiva sadrže komponente koje se mogu grupirati u: anorganske soli i organske komponente te prema potrebi, dodatak inertnog materijala koji služi za podržavanje kultura.

1.1.1 Anorganske soli: makro- i mikroelementi

Formula podloge MS (Murashige & Skoog, 1962) koja je bila upotrijebljena za kulturu tkiva duhana primjenjuje se danas za mnoge kulture u svom originalnom ili modificiranom sastavu. Karakteristika te podloge su vrlo visoke koncentracije nitrata, kalija i amonijevih iona. Makroelementi za pripremu hranjivih podloga najčešće se priređuju u 100 puta koncentriranim matičnim („stock“) otopinama, svaki element **zasebno**. Željezo je u matičnoj otopini koja je 200 puta koncentrirana, a matična otopina mikroelemenata priređuje se tako da su sve soli otopljene **zajedno** u otopini koja je 1000 puta koncentrirana u odnosu na konačnu koncentraciju u podlozi.

1.1.2 Organske komponente

Glavni sastojci iz ove grupe dodataka su ugljikohidrati, regulatori rasta (hormoni) i vitamini. Dodatak aminokiselina, amida, nekih purina, pirimidina ili organskih kiselina ponekad može pogodno utjecati na rast i razvoj. Većina biljnih kultura je heterotrofna pa se kao izvor energije dodaju ugljikohidrati, najčešće saharoza (2-3%) ili glukoza (posebno za kulture jednosupnica). Inozitol pospješuje transport i metabolizam ugljikohidrata i fosfata, pa ga gotovo uvijek dodajemo u podlogu. Najčešće upotrebljavana koncentracija je 100 mg/L u mediju, no mogu se dodavati i veće koncentracije.

U uvjetima *in vitro* biljke ne mogu sintetizirati dovoljne količine vitamina B1 (tiamin) pa njega uvijek dodajemo u hranjivu podlogu. Ostali vitamini mogu se dodati, jer mogu poticati specifične procese rasta.

Ovisno o tipu kulture koju želimo uspostaviti (kultura korijena, kultura izdanaka, regeneracija kompletne biljke, kultura kalusa, embriogena kultura...) u hranjivu podlogu potrebno je dodati određene regulatore rasta. Eksplantati kojima manipuliramo u kulturi sadrže određene količine (ovisno o tipu i starosti eksplantata) endogenih hormona, kao i receptora hormona. Stoga na istom mediju različiti eksplantati drugačije regeneriraju. Općenito, auksini potiču rast korijena, a citokinini rast izdanaka, no njihova količina i omjer moraju biti usklađeni ovisno o željenom cilju te o vrsti i veličini početnog eksplantata. Poželjna koncentracija auksina kreće se unutar 0,1-10 mg/L, a citokinina 0,03-30 mg/L. Nekim biljnim kulturama dodaju se giberelini, koji potiču izduživanje. Dodatak giberelina podlozi nije neophodan i kultura će rasti bez obzira da li su sadržani u mediju ili nisu. Regulatori rasta (sintetske molekule) i hormoni (prirodni spojevi) se najčešće priređuju u matičnim otopinama koncentracije 1 mg/L. Najčešće nisu topivi u vodi te je pripremi matičnih otopina hormona potrebno posvetiti posebnu pažnju.

Adenin i adenin sulfat često se dodaju u medij jer potiču stvaranje izdanaka *in vitro*. Koncentracije koje se koriste su od 40 do 160 mg/L. Limunska kiselina, askorbinska kiselina, aktivni ugljen i sl. dodaju se da otklone tamnjenje tkiva i podloge izazvano otpuštanjem fenolnih spojeva iz biljnih stanica.

Ponekad se dodaju kompleksni prirodni pripravci kao što su različiti prirodni ekstrakti i sokovi (kokosovo mlijeko, sok lubenice, ekstrakt krumpira i dr.). Oni se preporučuju u slučaju kada svi pokušaji sa sintetskim medijima ostaju bezuspješni. Krute hranjive podloge pripremaju se dodatkom agara (polisaharidni kompleks) ili heteropolisaharida poznatog pod nazivom „gelrite“. Ponekad za podržavanje tkiva na površini podloge koristimo inertne materijale kao što su staklena vuna ili filter papir.

1.2 Sterilizacija hranjivih podloga

Hranjive podloge najčešće se steriliziraju povišenom temperaturom. Budući da povišena temperatura štetno utječe na sastavnice hranjive podloge (posebno organske dodatke) potrebno je dobro uskladiti temperaturu i vrijeme sterilizacije. Sterilizaciju hranjive podloge najčešće provodimo vrućom vodenom parom na temperaturi od 121 °C, 10 do 20 minuta i pri tlaku od 1,5 bara. Sterilizaciju vrućom vodenom parom pri povišenom tlaku nazivamo **autoklaviranje**. Neke komponente hranjive podloge se djelomično raspadaju tijekom autoklaviranja, dok u nekim slučajevima povišena temperatura dovodi do potpunog raspada molekula (nekih antibiotika, herbicida, vitamina i regulatora rasta), te se za termolabilne sastavnice koristi **hladna filter sterilizacija**.

Kompletne hranjive podloge ili pojedine sastavnice podloge mogu se sterilizirati filtriranjem kroz filtere pora 0,2 µm (ili iznimno 0,45 µm). Podloge u koje je dodan agar ne mogu se filter sterilizirati. U slučaju potrebe za filter sterilizacijom kompletne hranjive podloge, ona se priprema u dvostrukoj koncentraciji (2x otopina svih komponenata), a agar se zasebno otapa u dH₂O (također 2x otopina) i sterilizira autoklaviranjem. Nakon hlađenja na temperaturu od oko 60 °C, otopljeni agar pomiješa se s filter steriliziranom otopinom hranjive podloge kako bi se priredila filter sterilizirana hranjiva podloga (1X).

Način sterilizacije hranjive podloge znatno utječe na konačni sastav podloge budući da se komponente hranjive podloge pri povišenoj temperaturi mogu djelomično ili potpuno raspadati, interagirati ili taložiti.

1.3 Eksperimentalni rad

1.3.1 Priprema hranjive podloge za kulturu torenije

Pripremite 400 mL MS podloge. U čašu od 500 ml natočite oko 200 ml destilirane vode, i prema **Tablici 1** dodajte potrebne volumene i mase (makro- i mikroelemente te organske dodatke, osim agara). Podesite pH na 5,7-5,9. Dodajte agar, rastopite agar postupnim zagrijavanjem u mikrovalnoj pećnici. Nadopunite destiliranom vodom do potrebnog volumena, dobro izmiješajte i rastočite u široke epruvete (2 epruvete po studentu; po 20 mL). Epruvete zatvorite vatenim čepovima i sterilizirajte autoklaviranjem 10 min na 121°C.

Tablica 1. Sastav hranjive podloge MS za kulturu torenije *Torenia fournieri* Lind.

komponenta medija	koncentracija matične otopine	konačna koncentracija u mediju (mg/L)
MAKROELEMENTI		
KNO ₃	100 X	1900
NH ₄ NO ₃	100 X	1650
CaCl ₂ x H ₂ O	100 X	755
KH ₂ PO ₄	100 X	170
MgSO ₄ x 7 H ₂ O	100 X	370
MIKROELEMENTI		
H ₃ BO ₃		6,2
CoCl ₂ x 6 H ₂ O		0,025
KI		0,83
Na ₂ MoO ₄ x 2 H ₂ O	1000 X	0,25
CuSO ₄ x 5 H ₂ O		0,025
MnSO ₄ x 4 H ₂ O		16,9
ZnSO ₄ x 7 H ₂ O		8,6
FeSO ₄ x 7 H ₂ O	200 X	27,8
Na ₂ EDTA		37,3
ORGANSKI DODACI		
glukoza	-	30 000
m-inozitol	-	100
hidrolizat kazeina	-	1000
nikotinska kiselina	1 mg/mL	0,5
piridoksin-HCl	1 mg/mL	0,5
tiamin-HCl	1 mg/mL	0,1
glicin	1 mg/mL	2
IBA	1 mg/mL	1
agar	-	9000

1.3.2 Priprema hranjive podloge za kulturu duhana

Priprema se 1000 mL osnovne hranjive podloge (bez hormona). U čašu od 2000 mL natočite oko 500 mL destilirane vode, i prema **Tablici 2** dodajte makro- i mikroelemente, saharozu te organske dodatke (osim agara). Medij razdijelite u 5 Erlenmeyer tikvica po 200 mL, označite slovima A-E i prema **Tablici 3** dodajte odgovarajuće hormone u svaki medij. Podesite pH svakog medija na 5,8-6,0. Dodajte agar i rastopite ga zagrijavanjem u mikrovalnoj pećnici. Medij rastočite u široke epruvete (1 epruveta **svakog** medija po studentu; 20 mL po epruveti) i epruvete zatvorite vatenim čepovima. Označite epruvete s pojedinim medijem. Sterilizirajte hranjive podloge autoklaviranjem 10 min na 121°C.

Tablica 2. Sastav hranjive podloge MS za kulturu duhana *Nicotiana tabacum* L.

komponenta medija	koncentracija matične otopine	konačna koncentracija u mediju (mg/L)
MAKROELEMENTI		
KNO ₃	100 X	1900
NH ₄ NO ₃	100 X	1650
CaCl ₂ x H ₂ O	100 X	755
KH ₂ PO ₄	100 X	170
MgSO ₄ x 7 H ₂ O	100 X	370
MIKROELEMENTI		
H ₃ BO ₃		6,2
CoCl ₂ x 6 H ₂ O		0,025
KI		0,83
Na ₂ MoO ₄ x 2 H ₂ O	1000 X	0,25
CuSO ₄ x 5 H ₂ O		0,025
MnSO ₄ x 4 H ₂ O		16,9
ZnSO ₄ x 7 H ₂ O		8,6
FeSO ₄ x 7 H ₂ O	200 X	27,8
Na ₂ EDTA		37,3
ORGANSKI DODACI		
saharoza	-	30 000
m-inozitol	-	100
nikotinska kiselina	1 mg/mL	0,5
piridoksin-HCl	1 mg/mL	0,5
tiamin-HCl	1 mg/mL	2
glicin	1 mg/mL	2
folna kiselina	1 mg/mL	0.5
Ca-pantotenat	1 mg/mL	0.5
glutamin	-	1
biotin	1 mg/mL	0.25
agar	-	8000

Tablica 3. Sadržaj hormona indol-3-octene kiseline (IAA) i kinetina (Kt) u hranjivim podlogama za kulturu duhana. Koncentracija matičnih otopina svih hormona je 1 mg/mL.

Podloga	IAA (konačna koncentracija)	Kt (konačna koncentracija)
A	3 mg/L	0,2 mg/L
B	3 mg/L	0,02 mg/L
C	0,03 mg/L	0,5 mg/L
D	-	0,2 mg/L
E	-	-

1.3.3 Priprema hranjive podloge za nasađivanje sjemenki različitih povrtnih vrsta

Priprema se 300 mL osnovne hranjive podloge (bez hormona) prema **Tablici 4**. U čašu od 500 ml natočite oko 100 ml destilirane vode, dodajte makro- i mikroelemente, te organske dodatke (osim agara). Podesite pH na 5,8. Podesite volumen, dodajte agar i rastopite ga zagrijavanjem u mikrovalnoj pećnici. Medij rastočite u tikvice (1 tikvica po studentu, po 30 mL u svaku) i tikvice zatvorite vatenim čepovima i pokrijte aluminijskom folijom. Sterilizirajte hranjive podloge autoklaviranjem 10 min na 121°C.

Tablica 4. Sastav hranjive podloge MS za nasađivanje sjemenki

komponenta medija	koncentracija matične otopine	konačna koncentracija u mediju (mg/L)
MAKROELEMENTI		
KNO ₃	100 X	1900
NH ₄ NO ₃	100 X	1650
CaCl ₂ x H ₂ O	100 X	755
KH ₂ PO ₄	100 X	170
MgSO ₄ x 7 H ₂ O	100 X	370
MIKROELEMENTI		
H ₃ BO ₃		6.2
CoCl ₂ x 6 H ₂ O		0.025
KI		0.83
Na ₂ MoO ₄ x 2 H ₂ O	1000 X	0.25
CuSO ₄ x 5 H ₂ O		0.025
MnSO ₄ x 4 H ₂ O		16.9
ZnSO ₄ x 7 H ₂ O		8.6
FeSO ₄ x 7 H ₂ O		27.8
Na ₂ EDTA	200 X	37.3
ORGANSKI DODACI		
saharoza	-	20 000
m-inozitol	-	100
nikotinska kiselina	1 mg/mL	0.5
piridoksin-HCl	1 mg/mL	0.5
tiamin-HCl	1 mg/mL	1
glicin	1 mg/mL	2
agar	-	8000

VJEŽBA 2: TRANSFORMACIJA BILJNOG TKIVA – AGROINFILTRACIJA LISTOVA DUHANA (*Nicotiana benthamiana*)

Agroinfiltracija je česta metoda u biljnoj biologiji, a posebice u biljnoj biotehnologiji, kojom se potiče privremena ekspresija gena od interesa u biljci, izoliranom listu biljke ili pak u kulturi biljnih stanica, s ciljem sinteze željenog produkta (RNA ili proteina). Metoda se temelji na uvođenju bakterija *Agrobacterium tumefaciens* u list biljke, bilo izravnim ubrizgavanjem ili vakuumskom infiltracijom, ili pak dodavanjem agrobakterija na biljne stanice koje su imobilizirane na poroznoj podlozi. Agrobakterije unose gen od interesa u biljne stanice (T-DNA se integrira u genom stanice) te dolazi do ekspresije gena od interesa i posljedično do sinteze željenog proteina koji pak se, ako je obilježen fluorescentnim proteinom (npr. GFP) može pratiti u transformiranim stanicama. Ovom metodom može se proučavati substanična lokalizacija proteina, interakcije među proteinima, može se pratiti utjecaj na ekspresiju određenih gena, ili pak utišati ciljane gene.

U ovoj vježbi inducirati ćete privremenu ekspresiju gena *ADHα* iz cikla (*Beta vulgaris*) u listovima duhana (*Nicotiana benthamiana*). Gen *ADHα* kodira za enzim arogenat dehidrogenazu koji je uključen u biosintezu tirozina, koji pak je prekursor za sintezu betanina, pigmenta koji daje prepoznatljivu boju cikla. S obzirom na vremensko trajanje vježbe, dobit ćete spremne smjese agrobakterija za agroinfiltraciju te će Vaš zadatak biti samo drugi dio procesa (nakon inkubacije) opisan u poglavlju 2.2, odnosno određivanje optičke gustoće i ubrizgavanje agroinfiltracijske smjese u list biljke te analiza rezultata za tjedan dana.

2.1 Priprema agrobakterija za agroinfiltraciju

Pojedinačnu koloniju bakterija *Agrobacterium tumefaciens*, transformiranih plazmidom pAGM50583 koji sadrži gen *ADHα* te uzgojenih na selekcijskom mediju s adekvatnim antibioticima, dan prije planirane agroinfiltracije potrebno je prepikati u 5 mL tekućeg medija LB u koji su dodani isti antibiotici za selekciju. Bakterije se uzgajaju u inkubatoru preko noći na temperaturi od 28 °C uz neprestano miješanje.

2.2 Proces agroinfiltracije

Prekonoćne kulture agrobakterija potrebno je istaložiti centrifugiranjem 20 min, na sobnoj temperaturi pri brzini od 4000 rpm. Supernatant se izlije, a bakterije se resuspendiraju u 2.5 mL otopine za ispiranje (10 mM MgCl₂, 10 mM MES). Bakterije je ponovo potrebno istaložiti centrifugiranjem u istim uvjetima i resuspendirati u 2.5 mL otopine za ispiranje. U suspenziju bakterija potrebno je dodati acetosiringon u konačnoj koncentraciji od 150 µM te takvu agroinfiltracijsku smjesu inkubirati na sobnoj temperaturi barem 3 – 4 sata, a može i preko noći. Acetosiringon inducira ekspresiju virulentnih (Vir) gena u bakterija oponašajući prirodni odgovor biljke na ranjavanje.

Nakon inkubacije je potrebno pripremiti razrjeđenja (1:10) agroinfiltracijske smjese bakterija u konačnom volumenu od 1 mL kako bi se izmjerila optička gustoća svake smjese. Konačna smjesa za agroinfiltraciju priprema se u volumenu od 3 mL i treba imati optičku gustoću (OD₆₀₀) 0,5.

Slijedi korak ubrizgavanja pripremljene agroinfiltracijske smjese u listove duhana. Pomoću iglice se napravi mala rupica na listu te se kroz nju ubrizgava agroinfiltracijska smjesa u list biljke pomoću šprice (bez igle). Šprica se prsloni na ranije napravljenu rupicu s donje strane plojke lista (izbjegavajte lisne žile), dok se s gornje strane lista prstom pritisne na otvor šprice (za ovaj korak rukavice i naočale su obavezne!). Smjesa se polako ubrizgava u list (vidjet ćete kako će se širiti kroz list). Na jednoj biljci moguće je transformirati 2-3 lista. Nakon infiltracije, biljke je potrebno vratiti u komoru za rast biljaka i obilno zaliti. Za tjedan dana trebali bi vidjeti kako je uspješno transformirani dio lista poprimio crveno-ljubičastu boju betanina.

VJEŽBA 3: UMNAŽANJE BILJAKA METODOM ADVENTIVNIH PUPOVA

3.1 Rad u sterilnim uvjetima

Za uspješnost kulture tkiva potrebno je osigurati sterilne uvjete. Suđe koje koristimo za *in vitro* manipulacije sterilizira se suhom sterilizacijom (u sušioniku, na 150-200 °C) ili autoklaviranjem. Sve se više upotrebljava plastično suđe koje se sterilizira γ -zračenjem. Metalni pribor za usitnjavanje i manipuliranje biljnim materijalom steriliziramo „flambiranjem“, tako da pribor uranjamo u 96%-tni etanol i spaljujemo. Sve manipulacije sa sterilnim biljnim materijalom provode se u komori sa horizontalnim propuhivanjem sterilnog zraka, tzv. laminaru. Prije početka i u tijeku rada, radnu površinu potrebno je prebrisati vatom natopljenom 70%-tnim etanolom. U većini slučajeva izvor kontaminacije kultura je sam manipulator. Najčešće se biljne kulture zagađuju zbog pričanja u laminaru, diranja tkiva rukama, iznošenja tkiva izvan sterilnog prostora, te zbog izvođenja nepotrebnih kretnji te prljave odjeće i kose manipulatora.

3.2 Umnažanje biljaka metodom adventivnih pupova

Rast i morfogeneza *in vitro* ovise o međudjelovanju prirodnih (endogenih) regulatora rasta u tkivu i onih dodanih (egzogenih) u hranjivu podlogu, te o kapacitetu stanice da reagira na hormon (eng. *cell signaling*). Biljke mogu stvarati adventivne organe, odnosno imaju sposobnost stvaranja začetak organa na neuobičajenim mjestima. Tako na primjer iz listova mogu izrasti izdanci, ili iz internodalnih segmenata stabljike može nastati korijenje. Razvoj adventivnih organa moguće je potaknuti u uvjetima *in vitro*, a kontroliran je sastavom hranjive podloge i uvjetima kultiviranja.

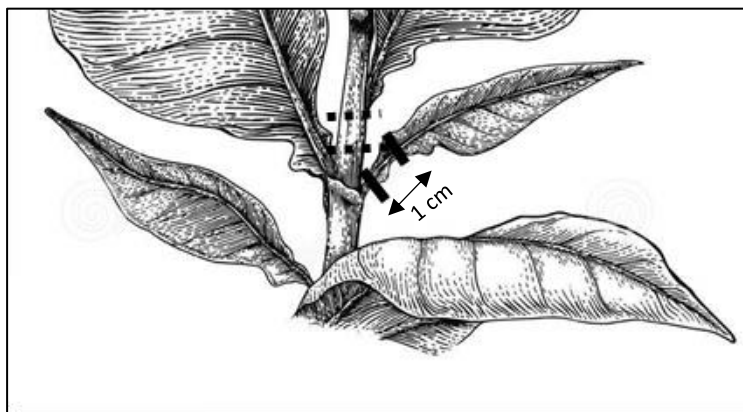
Uobičajeno dodatak citokinina potiče razvoj izdanaka, a dodatak auksina razvoj korijenja. Vrsta, količina i omjer regulatora rasta koje je potrebno dodati u hranjivu podlogu, da bi se rast usmjerio u željenom pravcu, ovisni su o biljnoj vrsti (sorti, jedinki), tipu i starosti eksplantata koji se uzima te o sastavu ostalih sastojaka u hranjivoj podlozi. Regeneracija adventivnih organa može biti neposredna (kada izdanci i/ili korijenje izrasta direktno iz eksplantiranog tkiva) ili posredna (kada se na eksplantiranom tkivu najprije razvija kalus, a zatim iz njega izrastaju adventivni organi). Tkivo regenerirano metodom adventivnih pupova, zbog somaklonske varijabilnosti, ne mora nužno biti genetički identično tkivu na kojem je potaknuto. Metoda adventivnih pupova, ako je učinkovita, koristi se za mikropropagaciju, ali i za dobivanje novih

varijeteta biljaka. Tako, ukoliko imamo uspostavljen učinkovit postupak regeneracije adventivnih izdanaka, ovu metodu možemo koristiti za regeneraciju transgeničnih biljaka (unos transgena agrobakterijama ili metodom biolistic, a potom regeneracija biljaka iz transformiranih stanica) ili za namjerno uvođenje mutacija u svrhu dobivanja biljaka s promijenjenim svojstvima (otpornost na slanost, sušu, promjena fenotipa itd.).

Zadatak: Utvrditi učinak regulatora rasta na kontrolu morfogeneze u kulturi duhana *Nicotiana tabacum* L.

Postupak:

1. Sterilnom pincetom pomaknite sterilne papire što više unutar laminara, kako bi se smanjila mogućnost kontaminacije.
2. Uklonite vateni čep i provlačenjem kroz plamen sterilizirajte otvor epruvete.
3. Sterilnom pincetom izvadite čitavu biljku i položite je na sterilne papire.
4. Pincetom odvojite sve listove od stabljike, pazeći da se pritom ne oštete peteljke listova.
5. Sterilnim skalpelom izrežite **peteljke listova**, okvirne veličine 0,5 – 1 cm (crtež dolje; ravne linije). Pazite da ne spalite tkivo vrućim priborom. Na taj način pripremite pet eksplantata peteljke (za pet tipova medija pripremljenih u prvoj vježbi).



6. Sterilnim skalpelom izrežite **internodalne segmente stabljike**, okvirne veličine 0,5 cm (crtež; isprekidane linije). Pazite da ne spalite tkivo vrućim priborom. Na taj način pripremite pet eksplantata. *Neke biljke duhana imaju vrlo kratke stabljike čiji su nodiji položeni vrlo blizu, zbog čega nije moguće izrezati internodalne segmente. Ukoliko dobijete takvu biljku, iskoristite njene peteljke, a za internodalne odsječke uzmite drugu biljku. Izbjegavajte dijelove stabljike iz kojih raste korijenje.*

Sljedeći postupak vrijedi za svih 5 tipova medija (epruvete označene slovima A – E):

7. S epruvete s pripremljenom hranjivom podlogom skinite foliju i vatu odložite na sterilnu podlogu (najbolje na sterilni komad papira). *Ovu vatu nemojte dodirivati rukama niti bilo kakvim nesterilnim predmetima jer ćete je ponovno koristiti za zatvaranje epruvete.*
8. Provlačenjem epruvete kroz plamen sterilizirajte otvor epruvete.
9. Najdužom sterilnom pincetom na površini medija načinite dva plitka utora.
10. Sterilnom i dobro ohlađenom pincetom horizontalno utisnite jedan eksplantat stabljike i jedan eksplantat peteljke u hranjivu podlogu te označite odgovarajuća mjesta slovima S (stabljika) i P (peteljka) na vanjskoj stijenci epruvete.
11. Provlačenjem epruvete kroz plamen sterilizirajte otvor epruvete.
12. Sterilnom pincetom natakните vatu u grlo epruvete tako da vrlo malo vate viri van. Spalite vatu i prekrijte komadićem aluminijske folije.
13. Na epruvetu napišite svoje inicijale i turnus.
14. Epruvete s nasađenim eksplantatima prebacite na metalne stalke označene papirićima na kojima je navedena vrsta biljke (duhan) i vrsta medija (A – E).

VJEŽBA 4: UMNAŽANJE BILJAKA METODOM NODALNIH SEGMENTATA

4.1 Umnažanje biljaka metodom nodalnih segmenata

Pod nazivom kultura pojedinačnog nodija podrazumijevamo izolaciju pupa zajedno s komadićem pripadajuće stabljike radi poticanja razvitka izdanaka. Ovo je najprirodnija metoda vegetativnog razmnožavanja biljaka *in vitro* jer se primjenjuje i *in vivo*. Svaki pup koji se nalazi u pazušcu lista, a također i vršni, može se odvojiti od biljke i kultivirati na hranjivoj podlozi radi razvoja izdanaka. Pupovi u pazušcima listova novo-formiranog izdanaka mogu ponovno biti supkultivirani za razvitak izdanaka iz njih. Postupak se može kontinuirano ponavljati do ostvarivanja željenog broja izdanaka. Paralelno ili naknadno potiče se zakorijenjivanje izdanaka, nakon čega slijedi prijenos u zemlju. Kultura nodalnih segmenata i vegetacijskoga vrška tehnika je koja, načelno, ne traži dodavanje citokinina za prekid apikalne dominacije, no dodatak citokinina u medij za nodalne segmente inducira razvoj višestrukih izdanaka. Kod rozetastih biljaka, kao što su bromelije i gerbere primjenjuje se metoda aksilarnog pupanja, pri čemu se u podlogu dodaju citokinini. Oni poništavaju apikalnu dominaciju i induciraju rast višestrukih pupova iz vegetacijskog vrška/vršnog meristema.

Metoda aksilarnih izdanaka najvažnija je metoda u razmnožavanju biljaka *in vitro* zbog svoje jednostavnosti, visoke stope umnažanja biljaka i genetičke stabilnosti.

4.2 Protokol za umnažanje torenije metodom pojedinačnih nodija

1. Sterilnom pincetom pomaknite sterilne papire što više unutar laminara, kako bi se smanjila mogućnost kontaminacije.
2. Provlačenjem epruvete kroz plamen sterilizirajte otvor epruvete.
3. Sterilnom pincetom izvadite čitavu biljku i položite je na sterilne papire.
4. Sterilnim i dobro ohlađenim skalpelom izrežite **dio stabljike s bočnim pupom i pripadajućim listićem**, okvirne veličine 1 cm (vidi crtež desno). Na taj način pripremite četiri eksplantata.
5. S epruvete s pripremljenom hranjivom podlogom skinite foliju i vatu odložite na sterilnu podlogu (najbolje na sterilni komad papira). *Ovu vatu nemojte dodirivati rukama niti bilo kakvim nesterilnim predmetima jer ćete je ponovno koristiti za zatvaranje epruvete.*



6. Provlačenjem epruvete kroz plamen sterilizirajte otvor epruvete.
7. Sterilnom i dobro ohlađenom pincetom **vertikalno** (u smjeru kako su rasli) utisnite eksplantate u hranjivu podlogu, po dva eksplantata u jednu epruvetu. *Vrhom epruvete uhvatite bazu eksplantata, utisnite pincetu u podlogu, a zatim lagano razdvojite vrhove pincete i izvucite je van – eksplantat će ostati nasađen u podlogu.*
8. Provlačenjem epruvete kroz plamen sterilizirajte otvor epruvete.
9. Epruvetu zatvorite sterilnom vatom tako da vrlo malo vate viri van. Spalite vatu i prekrijte komadićem aluminijske folije.
10. Na epruvetu napišite inicijale i turnus.
11. Epruvete s nasađenim eksplantatima prebacite na metalni stalak s papirićem na kojem piše 'Torenia'.

VJEŽBA 5: STERILIZACIJA I NASAĐIVANJE SJEMENKI RAZLIČITIH POVRTNIH VRSTA

5.1 Sterilizacija biljnog tkiva

Biljke koje se žele uzgajati u uvjetima *in vitro* moraju biti sterilne, tj. oslobođene mikroorganizama. To podrazumijeva oslobađanje biljaka od bakterija, kvasaca i gljivica. Mikroorganizmi mogu rasti i razmnožavati se na površini biljke ili u međustaničnim prostorima. Ako biljno tkivo nije sterilno, mikroorganizmi će se razmnožiti na mediju i onemogućiti daljnji rast biljnoga tkiva zbog kompeticije za hranjive tvari iz medija te inhibicije rasta biljnoga tkiva spojevima koje ispuštaju u hranjivu podlogu.

Postupak sterilizacije biljnog tkiva ovisi o biljnoj vrsti, tipu tkiva koje steriliziramo te o uvjetima u kojima je biljka rasla prije same sterilizacije. Uobičajeni postupak sterilizacije uključuje dobro ispiranje biljnog tkiva vodom, kratko uranjanje u 70% etanol, te u sterilizacijsko sredstvo (natrij-hipoklorit, kalcij-hipoklorit, živin klorid...). Sterilno biljno tkivo se u sterilnim uvjetima laminara dobro ispire sterilnom destiliranom vodom i eksplantira na sterilnu podlogu. Ovim postupkom uklanjaju se mikroorganizmi sa površine biljke.

5.1.1 Sterilizacija sjemenki

Sastav otopine za sterilizaciju

- 1% Izosan G (Pliva)
- 0,1% Mukazol

Pripremite 15 mL sterilizacijske otopine za cijeli turnus.

Postupak

1. Sjemenke prebacite u Eppendorf epruvetu od 1,5 mL i dodajte 1 mL 70%-tnog etanola.
2. Inkubirajte 1 min uz lagano protresanje.
3. Izbacite supernatant i dodajte 1 mL sterilizacijske otopine.
4. Inkubirajte 10 min uz konstantno miješanje.
5. Supernatant izbacite pipetiranjem.
6. Isperite sjemenke pet puta s po 1 mL sterilne destilirane vode.
7. Sjemenke ostavite u posljednjoj destiliranoj vodi.
8. S tikvice s pripremljenom hranjivom podlogom skinite foliju i vatu odložite na sterilnu podlogu (najbolje na sterilni komad papira). *Ovu vatu nemojte dodirivati rukama niti bilo kakvim nesterilnim predmetima jer ćete je ponovno koristiti za zatvaranje tikvice.*
9. Pomoću sterilne pincete rasporedite 5 pojedinačnih sjemenki po površini hranjive podloge.
10. Tikvicu zatvorite sterilnom vatom tako da vrlo malo vate viri van. Spalite vatu i prekrijte komadićem aluminijske folije.
11. Na tikvicu napišite inicijale i turnus.
12. Tikvice s nasađenim sjemenkama prenesite u klima komoru u uvjete dugog dana (24 °C, 16 svjetlo/8 h tama).

VJEŽBA 6. ISPITIVANJE STANIČNE VIJABILNOSTI

Vijabilnost biljnih stanica može se ispitati korištenjem različitih fluorescencijskih boja. Često korištene boje su fluorescein diacetat (FDA) i propidij jodid (PI).

FDA ulazi u stanice, koje ga zatim konvertiraju u fluorescein. FDA je nebojana molekula koja ne fluorescira, a fluorescein obasjan plavom svjetlošću fluoresceira zeleno. Budući da samo žive stanice posjeduju aktivne esterase koje mogu metabolizirati FDA, zelena fluorescencija unutar stanice koristi se kao indikator vijabilnih stanica.

PI je boja koja se interkalira u DNA mrtvih stanica budući da ne može proći kroz stanične membrane živih stanica, a fluorescira crveno nakon obasjavanja zelenom svjetlošću. Dodatno, PI se u biljnoj biologiji koristi za vizualizaciju staničnih stijenki.

Na vježbi ćete vidjeti fotografije stanica i biljnih organa snimljene na epi-fluorescencijskom mikroskopu nakon tretmana s FDA i/ili PI.