

Bolezni sladkega krompirja – končno poročilo

Uvod

Sladki krompir (*Ipomoea batatas*) ali batata je rastlina iz družine slakovk (Convolvulaceae), izvira pa iz Južne in Srednje Amerike, s področja med reko Orinoko v Venezueli in polotokom Jukatan v Mehiki. Uvršča se med 10 najpomembnejših kultur za prehrano človeka. Največja svetovna pridelovalka sladkega krompirja je Kitajska, sledijo pa ji države Afrike, Azije ter ZDA. Zaradi svojih prehranskih vrednosti (visoka vsebnost vitaminov in škroba) ter vsebnosti inulina, zaradi česar je primeren tudi za prehrano sladkornih bolnikov, postaja vedno bolj priljubljena kultura tudi v Evropi. Za gojenje sladkega krompirja je primerna celotna Slovenija, vključno z Gorenjsko, čeprav rastline na polju ne prezimijo. Zaradi omejene dostopnosti sadik na eni strani in enostavne pridelave lastnih sadik z vegetativnim razmnoževanjem na drugi strani, predstavlja sladki krompir veliko tveganje za vnos in razširjanje patogenov, ki v Evropi niso prisotni. Zaradi bolezni, v veliki meri virusnih, se izgube pridelka gibljejo med 20 in 40 %.



Slika 1: Gomolji različnih sort sladkega krompirja, pridelani v Sloveniji.



Slika 2: Sorte sladkega krompirja se med seboj razlikujejo tudi po barvi in strukturi listov.

Zelene dele rastlin in gomolje sladkega krompirja pesti veliko število (več kot 30) različnih rodov gliv in oomicet z več patogenimi vrstami v posameznem rodu. Med njimi izstopajo rodovi *Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Cercospora*, *Alternaria*, *Diaporthe*, *Septoria*, *Macrophomina*, *Phoma*, *Phytium*, *Phytophthora* in drugi. Med pomembnimi patogenimi vrstami pa se pojavljajo *Ceratocystis fimbriata*, *Sclerotium rolfsii*, *Elsinoe batatas*, *Colletotrichum coccodes* in *Albugo ipomoeae-panduratae*. Naštete glive in oomicete imajo lahko poleg sladkega krompirja tudi druge ekonomsko pomembne gostitelje in povzročajo tako okužbe zelenih delov rastlin, ki zmanjšujejo pridelek, kot tudi gnilobe gomoljev, ki lahko pridelek popolnoma uničijo.

Iz literature je znano, da se na sladkem krompirju pojavljajo tudi bakterijske bolezni. Nekatere so splošno razširjene v poljedelstvu (npr. *Agrobacterium tumefaciens*, *Erwinia chrysanthemi*, *Ralstonia solanacearum* (filotip I, biovar 4), *Xanthomonas campestris*), druge prilagojene, kot npr. *Streptomyces ipomoeae* (krastavost na gomoljih).

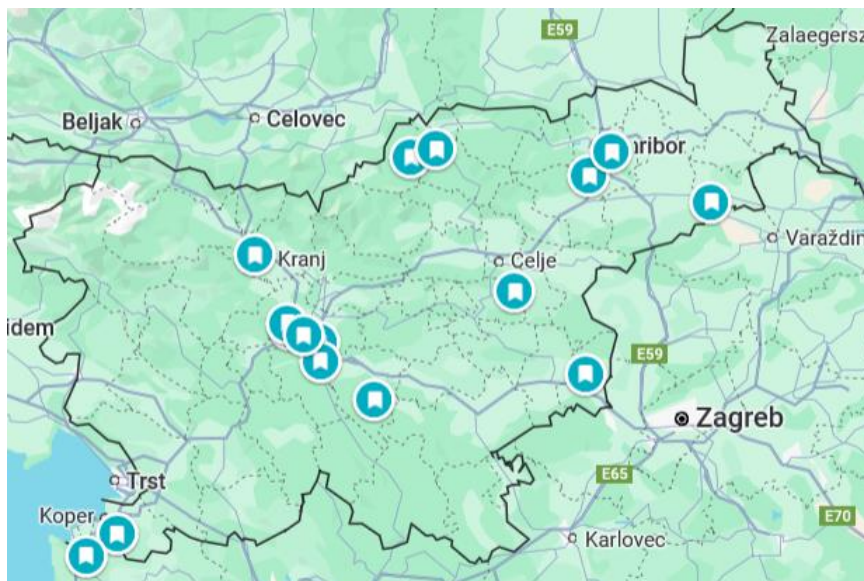
Vegetativno razmnoževanje, nelegalni vnosi in pomanjkljiva kontrola sadilnega materiala so vzrok za številne, predvsem mešane, okužbe sladkega krompirja z virusi. V svetu je bilo na sladkem krompirju opisanih že več kot 30 virusov, predvsem iz družin Potyviridae, Geminiviridae in Caulimoviridae. Med virusi prihaja do interakcij, kar posledično lahko vpliva na izraženost simptomov na zelenih delih rastlin, kot tudi na količino in kakovost pridelka.

Ker je pridelava sladkega krompirja v Sloveniji relativno nova, doslej še ni bilo raziskano, kakšne bolezni se pojavljajo v nasadih. Namen naloge je bil opredeliti pomembnost in pojav virusnih, bakterijskih in glivičnih bolezni, pridobiti izolate patogenov, jih morfološko ali molekularno identificirati, izolate in/ali material shraniti v delovno zbirko za prihodnje analize, z rezultati pa seznaniti laično in strokovno javnost.

Materiali in metode

V okviru naloge smo spremljali pojav virusnih, bakterijskih in glivičnih bolezni na sladkem krompirju. Preglede in vzorčenja smo opravili na vseh pridelovalnih območjih v Sloveniji, kjer smo tudi odvzeli predvsem vzorce simptomatičnih rastlin za analize na prisotnost posameznih povzročiteljev bolezni.

V vseh treh letih (od 2022 do 2024) smo sladki krompir za analize vzorčili na različnih lokacijah po Sloveniji (Slika 3), v letu 2022 v Osrednji Sloveniji, v letu 2023 na Štajerskem in v letu 2024 na Primorskem, Dolenjskem, Savinjskem in Koroškem.



Slika 3. Lokacije vzorčenj sladkega krompirja v Sloveniji v letih 2022 do 2024.

Za identifikacijo **gliv in oomicet** smo iz vzorcev sladkega krompirja po površinski sterilizaciji izolirali patogene glive na selektivnih gojiščih za glive z dodanim antibiotikom (krompirjevo gojišče z ampicilinom), jih osamili do čiste kulture ter jih identificirali na podlagi morfoloških znakov do vrste ali rodu. Za nadaljno molekularno analizo z določanjem različnih črtnih kod smo iz biomase čistih kultur ekstrahirali DNK in naredili več različnih reakcij PCR s specifičnimi začetnimi oligonukleotidi. Za posamezen rod gliv smo določili najprimernejše pare začetnih oligonukleotidov, ki so pomnožili določene regije genomske DNK (ITS, beta-tubulin, transkripcijski elongacijski faktor, zaporedje Alta, idr.), tako da smo pridobili najbolj informativna zaporedja, ki so omogočila kar se da natančno identifikacijo vrst. Uspešnost pomnoževanja v reakciji PCR smo preverili z analizo na agarozni gelski elektroforezi. Uspešno pomnožene produkte PCR smo poslali na sekvenciranje komercialnemu ponudniku (Macrogen, Nizozemska). Dobljena zaporedja smo pregledali in uredili s programom Geneious in jih primerjali z znanimi zaporedji gliv v bazah podatkov (Genbank, Qbank).

Pojav **bakterioz** smo ugotavljali predvsem na zelenih delih rastlin. Izolacijo bakterij iz rastlinskega materiala smo izvedli na gojiščih, ki se uporabljajo za splošno izolacijo rastlinsko-patogenih bakterij. Uporabili smo King's B (z antibiotikom) in MT agar (Milk-Tween agar z antibiotikom). Vse sumljive bakterijske kolonije smo do rodu identificirali z metodo MALDI-TOF. Sledila je molekularna analiza, in sicer pomnoženih genov *rpoD* (*Pseudomonas*), *gyrB* (*Pseudomonas*, *Xanthomonas* in *Curtobacterium*) in *rpoB* (enterobakterije, *Pantoea*). Analizo sekvenc smo izvedli z algoritmom BLAST. Sumljive izolate smo shranili na -80°C. Isolate bakterijskih povzročiteljev bolezni smo identificirali in uvrstili na seznam patogenov na sladkem krompirju v Sloveniji. Za potencialne patogene iz rodu *Pseudomonas* in *Xanthomonas*, smo izvedli teste patogenosti na sadikah in gomoljih sladkega krompirja. V primeru suma na prisotnost karantenskih bakterij iz kompleksa *R. solanacearum*, smo vzorce poslali v analizo na Nacionalni inštitut za biologijo.

Na področju **virologije** smo se omejili na detekcijo in identifikacijo potivirusov v simptomatičnih rastlinah z uporabo molekularnih metod (RT-PCR in sekvenciranje), saj v Sloveniji zaradi načina prenosa obstaja največja verjetnost za njihovo naravno širjenje. Skupno smo odvzeli 197 vzorcev listov rastočih rastlin sladkega krompirja. Od tega smo v letu 2022 odvzeli 92 vzorcev s šestih lokacij v Osrednji Sloveniji, v letu 2023 48 vzorcev s treh lokacij na Štajerskem in v letu 2024 57 vzorcev s sedmih lokacij na Koroškem, Primorskem in Dolenjskem. Povprečno smo na lokacijo vzorčili 12 rastlin sladkega krompirja.

Po homogenizaciji v ekstrakcijskem pufru smo iz vzorcev izolirali skupno RNA, iz katere smo sintetizirali komplementarno DNA (cDNA). V reakciji PCR smo nato pomnožili dve regiji v genomu potivirusov – gen Nib (nuclear inclusion b protein), ki je pomemben za replikacijo virusne RNA ter gen za CI (cylindrical inclusion protein), ki je povezan z replikacijskimi procesi in gibanjem virusov in je sestavni del z virusi povzročenih struktur v okuženih celicah. Uspešnost pomnoževanja oziroma prisotnost produktov PCR smo preverili z agarozno gelsko elektroforezo. V primeru prisotnosti želenega pomnožka smo produkte PCR poslali na sekvenciranje zunanjemu ponudniku (Macrogen, Nizozemska). Dobljene sekvence smo analizirali s programom Geneious. Sekvence smo primerjali z znanimi virusnimi zaporedji v bazah podatkov (Genbank). Za SPVG in SPFMV smo izvedli filogenetsko analizo za ugotavljanje genetske sorodnosti.

Rezultati

Glivične bolezni sladkega krompirja

V vseh treh letih (2022 - 2024) izvajanja naloge ni bilo zaznati, da bi glive povzročale večje težave pri pridelavi sladkega krompirja, a vendar smo pri pregledih polj opazili nekatere znake glivičnih okužb. Najpogostejši opaženi simptomi glivičnih bolezni so bili rumenenje listov ter različne pege na listih. V primeru glivičnih bolezni na gomoljih so se v manjši meri pojavljale suhe gnilobe gomoljev.

Rezultati raziskave glivičnih bolezni sladkega krompirja kažejo prisotnost velike vrstne pestrosti gliv iz rodov *Alternaria* in *Fusarium*. Na vzorcih s simptomi listnih peg ter rumenenja in venenja listov so prevladovala alternarijske pegavosti in fuzarioze (več različnih povzročiteljev rodu *Alternaria* in *Fusarium*), na gomoljih pa so se izključno pojavile le fuzarioze (*Fusarium spp.*).

V treh letih smo potrdili nekaj eksotičnih vrst gliv, ki so za naše okolje manj poznane ali celo nepoznane, te so:

Fusarium fujikuroi species complex (FFSC): ***Fusarium denticulatum***

V literaturi *Fusarium denticulatum* opredeljujejo kot patogena sladkega krompirja, ki povzroča klorotične deformacije listov in zakrnelost poganjkov predvsem v toplem, sončnem in vlažnem vremenu. Poročila o tem patogenu izhajajo iz Venezuele in Kitajske, ki je največja pridelovalka sladkega krompirja na svetu.

Vrsto smo prvič izolirali leta 2023 iz gomoljev in listov sladkega krompirja, v letu 2024 pa iz listov z znaki deformacije. Gre za prvo najdbo v Sloveniji in v Evropi. Pomen patogena na druge vrste kmetijskih rastlin je še zelo nepoznan.



Slika 4: Simptomi na listih in gomoljih sladkega krompirja, iz katerih smo izolirali glivo *Fusarium denticulatum*.

Patogenost glive *Fusarium denticulatum* smo testirali tako na gomoljih kot tudi na sadikah sladkega krompirja štirih sort (Lučka, Janja, Martina, Purple Specklet) in na gomoljih dveh sort navadnega krompirja (Sora, Slavnik). Sorte sladkega krompirja so pokazale različno občutljivost na okužbo z glivo *F. denticulatum*. Med štirimi testiranimi sortami je najbolj obsežna gniloba gomoljev bila pri sorti Janja, pri ostalih sortah so bile okužbe manjše. Sorte navadnega krompirja niso pokazale občutljivosti na okužbo z glivo *F. denticulatum*, kar je pomembno za kolobarjenje.

Nadzemni deli rastlin sladkega krompirja niso pokazali bolezenskih znamenj in se niso razlikovali od kontrol (rastlin, ki niso bile tretirane z glivo *F. denticulatum*).

Didymella americana, *Didymella glomerata*

Obe vrsti smo izolirali iz listov sladkega krompirja, v literaturi pa ni poročil o njuni patogenosti na sladkem krompirju. Obe vrsti sta patogena z širokim naborom drugih gostiteljskih rastlin; vrsta *D. americana* okužuje lilije, rdečo peso, limski fižol,..., vrsta *D. glomerata* pa je patogen graha, pšenice, oljne ogrščice, sončnic, trte, breskev, jablane, lana,...



Slika 5: Simptomi na listih, iz katerih smo izolirali vrsto *Didymella glomerata*.

Test patogenosti za glivo *Didymella glomerata* smo izvedli na sadikah sladkega krompirja (Lučka, Martina, Janja, Purple Specklet). Okužene rastline so razvile pege s piknidijski na poškodovanih listih, medtem ko na novih listih bolezenska znamenja niso bila izrazita. Glivo smo uspešno izolirali iz 7 peg okuženih rastlin, pri kontrolnih rastlinah pa gliva ni bila prisotna. Glivo smo našli tudi na zdravih listih, kar kaže na njeno sposobnost endofitskega življenja brez povzročanja bolezni. Gliva se naseljuje predvsem na oslabljenem ali poškodovanem tkivu.

Colletotrichum coccodes

Je znan patogen sladkega krompirja, njegova prisotnost in razširjanje po pridelovalnih površinah pa je problematična, saj ima več kot 50 gostiteljev kmetijsko pomembnih rastlin (krompir, paradižnik, paprika, čebula,...). Pri sladkem krompirju okužuje predvsem liste in stebila, kjer povzroča vdrtle lezije in kloroze. Možne so okužbe gomoljev, ki so pogosto med pobiranjem pridelka latentne, črne pege se razvijejo šele med skladiščenjem.

Stagonosporopsis dennisii (sinonim *Phoma dennisii*)

Glive rodu *Stagonosporopsis* so povezane z različnimi gostiteljskimi rastlinami, na katerih povzročajo nekroze listov, stebelno gnilobo, in bolezn. Več vrst *Stagonosporopsis* prizadene širok spekter kultur, vključno z bučnicami (npr. lubenice, buče) in okrasnimi rastlinami. Za vrsto *S. dennisii* še ni znanja o gostiteljskih rastlinah in vplivu na kmetijske rastline. Tudi sladki krompir doslej še ni bil znan gostitelj.



Slika 6: Simptomi, iz katerih je bila izolirana gliva *Stagonosporopsis dennisii*.

Allophoma tropica

To glivo v Italiji opisujejo kot patogena solate, ki povzroča bolezen listnih peg. O vplivu, ki bi ga lahko imela na sladek krompir, še ni nič znanega. Čeprav je bila gliva prvotno opisana v tropskih regijah, se pojavlja tudi drugod po svetu. Njena prisotnost in vpliv na različne gostitelje zahtevata nadaljnje raziskave, zlasti glede na spreminjajoče se podnebne razmere.



Slika 7: Nepravilne nekroze na listih sladkega krompirja, s katerih je bila osamljena gliva *Allophoma tropica*.

Rezultati triletna raziskave glivičnih bolezni sladkega krompirja so potrdili domneve, da sladki krompir zaradi svoje enostavne pridelave lastnih sadik z vegetativnim razmnoževanjem in pridelave sadik iz kupljenih gomoljev, predstavlja tveganje za vnos in širjenje patogenih gliv, ki pri nas ali v Evropi (še) niso prisotne.

Bakterije na sladkem krompirju

V večini analiziranih vzorcev nismo potrdili prisotnosti patogenih bakterij. Ker so bili to vzorci z izraženimi bolezenskimi znamenji, predvidevamo, da je šlo za okužbe z glivami, saj so znamenja pri obeh podobna (rumenenje, kloroze, nekrotične pege in lise). Od bakterij smo na dveh vzorcih iz leta 2022 potrdili patogene izolate vrste *Pseudomonas viridiflava*, za katere predvidevamo, da izvirajo iz okolice in ne iz sadilnega materiala. Poleg tega smo izolirali tudi bakterijske seve iz rodov *Pseudomonas*, *Xanthomonas*, *Curtobacterium* in *Pantoea*, kateri niso poznani kot ekonomsko pomembni patogeni sladkega krompirja, vendar njihove patogenosti ne moremo izključiti. Njihovo patogenost smo v letu 2023 ugotavljali v okviru naloge Ugotavljanje potencialne patogenosti endofitov.

Preglednica 1: Rezultati analiz prisotnosti bakterij na simptomatičnih listih sladkega krompirja v letu 2022.

Rezultat	Detektirani rodovi	Pojavnost (od 27 vzorcev)	Komentar
negativen	<i>Bacillus</i> , <i>Staphylococcus</i> , <i>Pseudoarthrobacter</i> , <i>Microbacterium</i> , <i>Sphingomonas</i> , <i>Brevundimonas</i>	12 vzorcev (44,5 %)	pripadniki omenjenih rodov ne spadajo med potencialne patogene rastlin
pozitiven	<i>Pseudomonas viridiflava</i>	2 (7,4 %)	patogen s širokim spektrom gostiteljev
sum	<i>Curtobacterium flaccumfaciens</i>	7 (25,9 %)	potencialen patogen s širokim spektrom gostiteljev
sum	<i>Xanthomonas</i> sp.	4 (14,8 %)	
sum	<i>Pseudomonas</i> sp.	2 (7,4 %)	
sum	<i>Pantoea ananatis</i>	1 (3,7 %)	



Slika 8: Bolezenska znamenja na listih sladkega krompirja, iz katerih smo izolirali patogene bakterije vrste *Pseudomonas viridiflava* (levo, sredina) in potencialno patogene *Xanthomonas* sp. (desno).



Slika 9: Bolezenska znamenja na listih sladkega krompirja, pri katerih sumimo na prisotnost patogenih bakterij iz rodu *Curtobacterium*.



Slika 10: Bolezenska znamenja na listih sladkega krompirja, pri katerih sumimo na prisotnost patogenih bakterij vrste *Pantoea ananatis*.

Izolatov bakterij iz leta 2022 smo v letu 2023 preverjali patogenost, saj iz literature nismo dobili podatkov o njihovi patogenosti na sladkem krompirju. Izvedli smo teste hipersenzitivnosti (HR) na tobaku, za izolate iz leta 2023 pa test patogenosti na gomoljih sladkega krompirja. Noben od testiranih izolatov ni povzročil HR odziva, zato smo jih uvrstili med nepatogene bakterije (Preglednica 2). Podrobnejši opis poskusa je zabeležen pod IVR nalogo Ugotavljanje potencialne patogenosti endofitov iz leta 2023, v okviru katere so bili poskusi predvideni in izvedeni.

Preglednica 2: Povzetek rezultatov testov patogenosti na izolatih iz leta 2022 in 2023.

Št. vzorca	Identifikacija bakterije (MALDI-TOF, barkodiranje)	Testi	
		Hipersenzitivni odziv na tobaku	Test patogenosti na gomoljih SK
22-0898	<i>Xanthomonas axonopodis</i>	negativen	
22-0958	<i>Xanthomonas arboricola</i>	negativen	
22-0960	<i>Xanthomonas arboricola</i>	negativen	
22-1100	<i>Xanthomonas prunicola</i>	negativen	
23-0155	<i>Xanthomonas arboricola</i>	negativen	
22-0897	<i>Pseudomonas coleopterorum</i>	negativen	
22-1098	<i>Pseudomonas lurida</i>	negativen	

23-0950	<i>Pseudomonas sp.</i>		negativen
22-0895	<i>Plantibacter sp.</i>	negativen	
22-0962	<i>Curtobacterium flaccumfaciens</i>		negativen
22-1102	<i>Curtobacterium flaccumfaciens</i>		negativen
23-0951	<i>Curtobacterium flaccumfaciens</i>		negativen
23-0952	<i>Curtobacterium flaccumfaciens</i>		negativen
22-1103	<i>Pantoea agglomerans</i>		negativen
22-0796 (izolat 1-3)	<i>Pantoea ananatis</i>		pozitiven
22-0796 (izolat 1-6)	<i>Pantoea ananatis</i>		pozitiven
22-0796 (izolat 2-12)	<i>Pantoea ananatis</i>		negativen
23-0953	<i>Pantoea ananatis</i>		negativen

Predstavniki vrste *Pantoea ananatis* so lahko patogeni ali koristni endofiti, kar je odvisno od prisotnosti genov patogenosti v genomu. Iz literature je znano, da *P. ananatis* povzroča bolezen na številnih rastlinah (koruza, čebula, ananas, riž, melone, evkalipt). Manj je znano kako je s prenosom teh genov s patogene na nepatogeno populacijo. Od štirih izolatov *P. ananatis*, ki smo jih izolirali iz listov sladkega krompirja, sta bila dva patogena. Po pregledu literature ni znano, da bi bil sladki krompir gostitelj za omenjeno vrsto, znano pa je, da ima lahko širok krog gostiteljev.



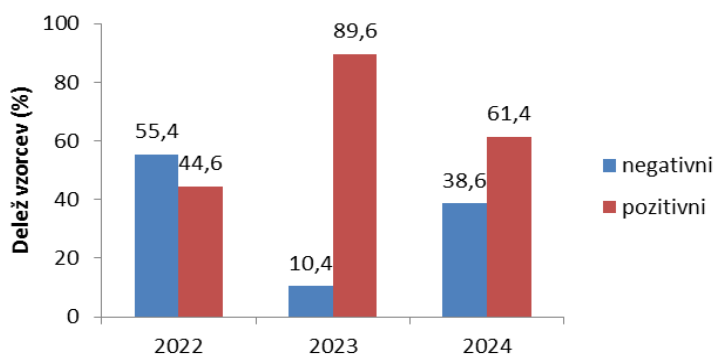
Slika 11: Bolezenska znamenja na gomoljih sladkega krompirja po testu patogenosti z bakterijami vrste *Pantoea ananatis*.

Virusi na sladkem krompirju

Sladki krompir okužuje več kot 30 virusov, med njimi je precej DNA virusov, ki so jih večinoma odkrili šele pred kratkim. Nekateri med virusi so že priznani s strani ICTV, nekateri pa še ne. Na sladkem krompirju najdemo v najnovejšem seznamu ICTV šest potivirusov: virus peresaste lisavosti sladkega krompirja (*Potyvirus batataplumei*; sweet potato feathery mottle virus - SPFMV), latentni virus sladkega krompirja (*Potyvirus batatalatentis*; sweet potato latent virus - SPLV), sweet potato mild speckling virus (*Potyvirus batatamaculae*, SPMSV), virus 2 sladkega krompirja (*Potyvirus duobatatae*; sweet potato virus 2 - SPV2), virus C sladkega krompirja (*Potyvirus cebatatae*; sweet potato virus C -

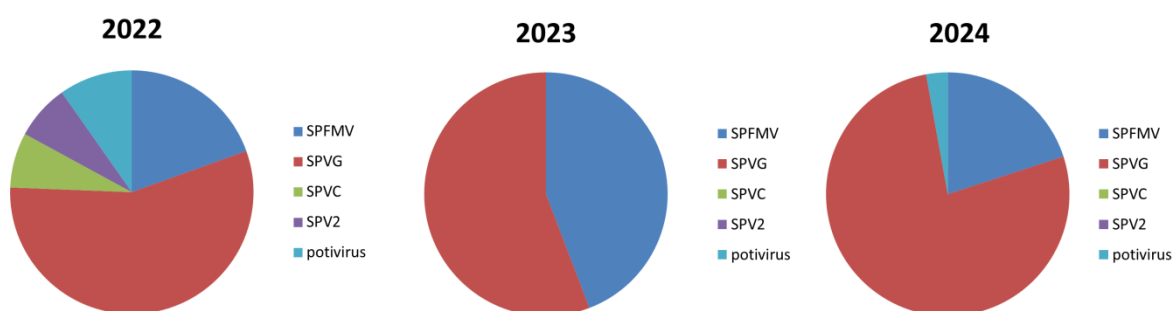
SPVC) in virus G sladkega krompirja (*Potyvirus gebatatae*; sweet potato virus G - SPVG). Med njimi je v svetovnem merilu najbolj razširjen SPFMV.

Od vseh vzorcev sladkega krompirja je bilo na potiviruse pozitivnih 60,4 % (119) in negativnih 39,6 % (78) vzorcev (Slika 12). V vzorcih smo identificirali štiri potiviruse sladkega krompirja, in sicer SPVG, SPFMV, SPVC, in SPV2. **Najbolj zastopana sta bila v vzorcih SPFMV in SPVG.** Kar 37,6 % vzorcev je bilo pozitivnih na SPVG, 17,3 % vzorcev pozitivnih na SPFMV, ter 1,5 % vzorcev pozitivnih na SPVC in tudi SPV2. Pri 2,5 % vzorcev smo dokazali prisotnost potivirusov, a z izbrano metodo vrstno natančna določitev virusa ni bila možna. Obstaja velika verjetnost, da gre za **mešano okužbo** z več potivirusi hkrati.



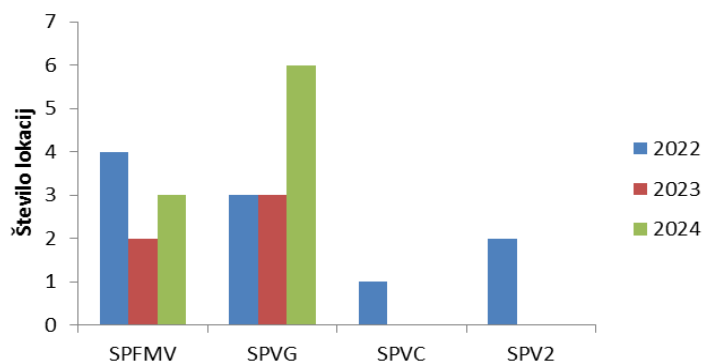
Slika 12. Delež pozitivnih in negativnih vzorcev sladkega krompirja, vzorčenih v letih 2022 do 2024.

Dva virusa sta bila najdena v vzorcih iz vseh treh let, in sicer SPVG in SPFMV (Slika 13), ki sta bila v vzorcih tudi najpogostejše prisotna. Najpogostejše najden virus v vseh treh letih je SPVG, (2022: 56,1 %; 2023: 55,8 %; 2024: 77,1 % pozitivnih vzorcev). Sledil mu je SPFMV, prav tako najden v vseh treh letih (2022: 19,5 %; 2023: 44,2 %; 2024: 20,0 % pozitivnih vzorcev). Potrdili smo tudi okužbo s SPVC in SPV2, ki pa smo ju našli le v letu 2022, oba v deležu 7,3 % pozitivnih vzorcev.



Slika 13. Deleži identificiranih potivirusov v vzorcih sladkega krompirja s potrjeno okužbo s potivirusi v letih 2022, 2023 in 2024.

SPVG smo našli na 12 lokacijah od skupno 16 vzorčenih lokacij, SPFMV na 9 lokacijah, SPV2 na dveh lokacijah in SPVC na eni lokaciji (Slika 14). Le na eni lokaciji smo ugotovili prisotnost vseh štirih virusov, na eni lokaciji tri viruse, na šestih lokacijah dva virusa in na petih lokacijah zgolj posamezne viruse (Preglednica 3). V vzorcih s treh lokacij nismo ugotovili okužbe s potivirusi (dve v letu 2022 in ena v letu 2024).



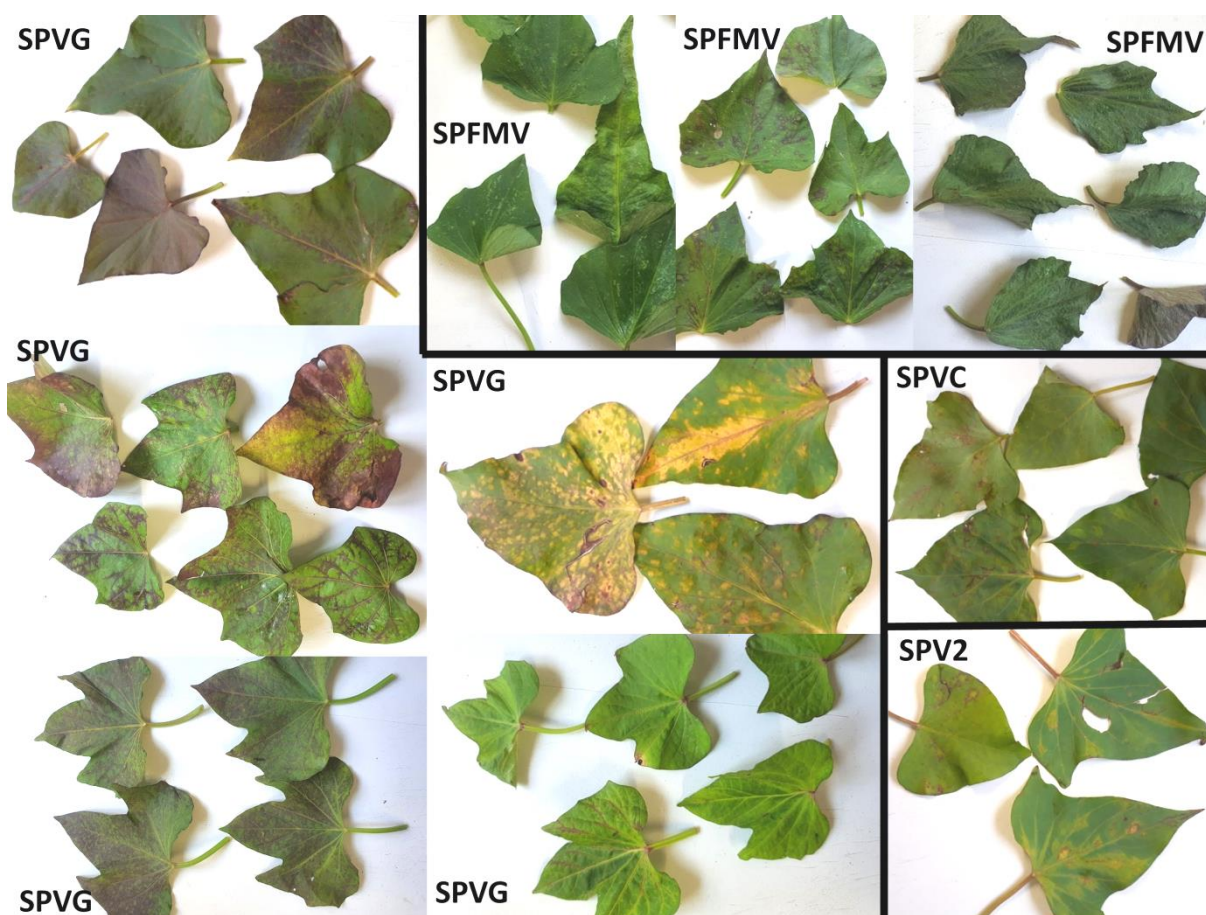
Slika 14. Število lokacij z identificiranimi potivirusi sladkega krompirja po letih.

Preglednica 3: Lokacije in najdeni virusi

Območje	lokacija	SPVG	SPFMV	SPVC	SPV2
Osrednja Slovenija	Naklo	X		X	X
	Ljubljana 1		X		
	Ljubljana 2	X	X		
	Ljubljana 3				
	Ljubljana 4				
SV Slovenija	Trgovišče	X	X		
	Polana	X	X		
	Zrkovci	X	X		
JZ Slovenija	Dragonja	X	X		
	Vanganel	X			
JV Slovenija	Krka	X			
	Dečno selo	X			
Savinjska, Koroška	Zg. Rečica ob				
	Savinji				
	Zagrad	X	X		
	Selovec	X	X		

Simptomatika

Ob pregledih njiv sladkega krompirja smo ugotovili, da večino opaženih simptomov bolezni na rastlinah lahko pripišemo virusnim okužbam, delež simptomatičnih rastlin se je ponekod približal tudi 50 %. Na Sliki 15 smo zbrali reprezentativne simptome na vzorcih s potrjenimi virusnimi okužbami. Simptomi se na listih odražajo na različne načine, odvisno od sorte sladkega krompirja, vrste virusa in od tega, ali gre za novo akutno okužbo ali za kronično okužbo. Med najpogostejše simptome sodijo mozaik (razbarvana območja na listih, ki se izmenjujejo med svetlo zelenimi, rumenimi in temno zelenimi lisami, kar daje videz mozaika), rumenenje listov oz. kloroza (deli listov ali celotni listi porumenijo), nagubani in deformirani listi (listi so nagubani, skodrani, zviti ali kako drugače deformirani), nekrotične pege (rjave ali črne nekrotične pege, ki so posledica odmiranja tkiva) ter simptomi na ali ob listnih žilah (prosojnost, rumenenje ali potemnitev žil na listih). Na podlagi simptomov ne moremo sklepati o virusu, ki je rastlino okužil, simptomi pa se močneje izražajo v mešanih okužbah. Ocenjujejo, da lahko okužbe s potivirusi zmanjšajo pridelek sladkega krompirja za 25 – 40 %.



Slika 15. Simptomi okužbe z virusi na pozitivnih vzorcih.

Raznolikost SPFMV in SPVG

S filogenetskimi analizami smo ugotovili precejšnjo raznolikost izolatov SPFMV in SPVG v Sloveniji. V obeh primerih se slovenski izolati združujejo v dve skupini, podobno kot lahko opazimo tudi pri analizi celotnih genomov teh virusov s celega sveta. Raznolikost lahko opazimo med lokacijami, ponekod tudi znotraj lokacije. To lahko nakazuje na možnost večkratnega vnosa virusne okužbe, bodisi že pri sadilnem materialu ali pa kasneje med rastno sezono.

Ker prisotnost virusov lahko vpliva na količino in kakovost pridelka, se moramo zavedati, da je izvor in zdravstveno stanje sadik bistvenega pomena za vzgojo zdravih rastlin in posledično kakovosten in obilen pridelek.

Sklepi

Ob pregledih njiv sladkega krompirja smo ugotovili, da večino opaženih simptomov bolezni na rastlinah lahko pripišemo virusnim okužbam, delež simptomatičnih rastlin se je ponekod približal tudi 50%. V okviru naloge smo se omejili na ugotavljanje okuženosti rastlin s potivirusi, saj je zaradi prisotnosti prenašalcev pri nas največja verjetnost za njihovo širjenje. V vzorcih sladkega krompirja s slovenskih njiv smo s sekvenciranjem produktov PCR izbranih vzorcev potrdili štiri potiviruse, SPFMV, SPVG, SPVC in SPV2, ki so tudi med najbolj razširjenimi virusi na tej kulturi v svetu. SPFMV, SPVG, SPVC in SPV2 prenašajo listne uši neperzistentno, med njimi predvsem zelo razširjeni bombaževčeva uš (*Aphis gossypii*; prenašalka SPVG in SPFMV) in siva breskova uš (*Myzus persicae*, prenašalka SPVG,

SPFMVi n SPV2) ter *Aphis craccivora*. Poleg tega se virusi prenašajo vegetativno s sadikami in potaknjenci, ki jih predvsem ljubiteljski pridelovalci in vrtničarji pogosto vzgojijo iz gomoljev, ki jih kupijo v trgovini.

Pri nekaterih sekvenciranih produktih PCR v letih 2022 in 2024 nismo uspeli pridobiti lepih nukleotidnih zaporedij, ki bi jih lahko analizirali. Pri teh obstaja velika verjetnost, da je šlo za mešano okužbo z dvema ali več potivirusi, ki pa se vsi pomnožujejo z uporabljenimi reagenti. Zaradi načina prenosa teh virusov in vegetativnega razmnoževanja gostitelja smo pričakovali celo višji delež mešanih okužb, kot nam kažejo rezultati. Kot je bilo že prej omenjeno, sladki krompir razmnožujemo vegetativno, kar povečuje možnost pojava mešanih okužb z več virusi.

Raziskava glivičnih bolezni sladkega krompirja (2022–2024) je pokazala, da večjih težav pri pridelavi zaradi glivičnih okužb ni bilo, kljub prisotnosti raznolikih vrst gliv. Najpogostejše so bili opaženi simptomi rumenenja listov in peg, ki jih povzročajo predvsem glive iz rodov *Alternaria* in *Fusarium*. Na listih so prevladovale vrste *Alternaria*, na gomoljih so bile izolirane le glive iz rodu *Fusarium*. Poleg tega so bile izolirane manj znane glive, kot so *Didymella americana*, *Stagonosporopsis dennisii* in *Allophoma tropica*, pri čemer njihova vloga pri boleznih sladkega krompirja ostaja nejasna. Raziskava je poudarila potrebo po nadaljnjih študijah patogenosti in vplivov teh gliv, saj nekatere predstavljajo potencialno grožnjo tudi za druge kmetijske rastline. Z ugotovitvami raziskave smo potrdili domneve, da sladki krompir zaradi svoje enostavne pridelave lastnih sadik z vegetativnim razmnoževanjem in pridelave sadik iz kupljenih gomoljev, predstavlja tveganje za vnos in širjenje patogenih gliv, ki pri nas ali v Evropi (še) niso prisotne.

V večini analiziranih vzorcev sladkega krompirja v okviru naloge nismo potrdili prisotnosti patogenih bakterij. Ker so bili to vzorci z izraženimi bolezenskim znamenji, predvidevamo, da je šlo za okužbe z glivami, saj so znamenja pri obeh podobna (rumenenje, kloroze, nekrotične pege in lise). Od bakterij smo na dveh vzorcih iz leta 2022 potrdili patogene izolate vrste *Pseudomonas viridiflava*, za katere predvidevamo, da izvirajo iz okolice in ne iz sadilnega materiala. Poleg tega smo izolirali tudi bakterijske seve iz rodov *Pseudomonas*, *Xanthomonas*, *Curtobacterium* in *Pantoea*, kateri niso poznani kot ekonomsko pomembni patogeni sladkega krompirja, vendar njihove patogenosti ne moremo izključiti. Za vse izolate razen za dva izolata vrste *Pantoea ananatis* smo v okviru naloge Ugotavljanje potencialne patogenosti endofitov ugotovili, da niso patogeni. Za vrsto *P. ananatis* ni znano, da bi bila patogen na sladkem krompirju.

Pridelovalcem svetujemo, da za pridelavo sladkega krompirja ne vzgajajo sadik iz kupljenih gomoljev namenjenih prehrani, saj ti niso primerni za vzgojo zdravih sadik. Čeprav so na videz zdravi, lahko nosijo latentne okužbe, ki se pokažejo šele na polju. Takšna praksa lahko poveča tveganje za vnos bolezni v pridelovalne površine, kar ima lahko dolgoročne posledice za pridelavo. Namesto tega je ključnega pomena, da uporabljamo sadike preverjenega porekla. Takšne sadike so vzgojene v nadzorovanih razmerah in iz rastlin, ki so bile testirane na ključne povzročitelje bolezni. Tako pridelovalci ne le zmanjšajo tveganje za okužbo svojih pridelkov, temveč tudi dolgoročno ohranjajo zdravje svojih polj. Pridelava iz preverjenih sadik ne zagotavlja le višjega pridelka, temveč tudi prispeva k dolgoročni trajnosti in zdravju celotnega pridelovalnega sistema. Poleg tega pa je za ohranjanje zdravih rastlin in polj pomembno tudi ustrezno kolobarjenje, kar pomaga preprečiti kopičenje patogenov v tleh, ter redno pregledovanje rastlin na prisotnost bolezenskih znamenj, da bi morebitne okužbe odkrili in omejili že v začetni fazi.

Besedilo: Irena Mavrič Pleško, Eva Kovačec, Nika Krivec, Janja Lamovšek, Urša Prislan, Janja Zajc Žunič

Datum: 28. 3. 2025

Viri

Clark, C. A., et al. Compendium of Sweetpotato Diseases, Pests, and Disorders, Second Edition. 2013. doi:10.1094/9780890544952. ISBN:978-0-89054-495-2

Garibaldi, A., et al. First Report of Leaf Spot of Lettuce (*Lactuca sativa* L.) Caused by *Phoma tropica* in Italy. *Plant disease*, 96, 9 (2012). doi:10.1094/PDIS-04-12-0394-PDN

Gao, B., et al. First Report of *Fusarium denticulatum* Causing Chlorotic Leaf Distortion of Sweetpotato in China. *Plant disease*, 107, 9 (2023). doi:10.1094/PDIS-03-23-0535-PDN

Vaghefi, N., et al. Incidence and Pathogenicity of *Didymella Americana* on Table Beet in New York. *Plant Health Progress*, 17, 4, (2016). doi:10.1094/php-br-16-0064

Wokorach, G., et al. Genomic analysis of Sweet potato feathery mottle virus from East Africa. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 110, 101473 (2020). doi:10.1016/j.pmpp.2020.101473

Xu, Y., et al. Virus-Free Sweet Potato Industry: Development Status and Production Suggestions. *Horticulturae*, 10, 979 (2024). doi:10.3390/horticulturae10090979