

Imajo gobe imunski sistem? Molekularni mehanizmi obrambe pri glivah

Jerica Sabotič

Goba je posebna oblika gliv, ki je namenjena njihovemu razmnoževanju. Zato je obramba gob pred različnimi škodljivci bistvenega pomena za preživetje glive. Pri glivah je glavna obrambna strategija kemične narave, saj tvorijo toksine, s katerimi vplivajo na rast, razvoj ali preživetje svojih škodljivcev. Proces tvorbe obrambnih molekul je natančno uravnan in omogoča vzpostavljanje stalne obrambe kot tudi sprožanje obrambe ob napadu določenih škodljivcev. Tako deluje tudi prirojeni imunski sistem pri rastlinah in živalih in zato bi lahko rekli, da ta verjetno predstavlja univerzalen način obrambe pri večceličnih organizmih.

Zaradi življenjskega sloga so glive izpostavljene mnogim naravnim sovražnikom

Glive so vseprisotne in na naše življenje vplivajo skoraj na vseh korakih. Med njimi so škodljive vrste, ki povzročajo bolezni rastlin, živali in ljudi, obstajajo pa tudi nadležne vrste, ki nam pokvarijo hrano. Vsi smo že srečali plesni na pozabljenem kruhu ali sadju. Po drugi strani so glive lahko izjemno koristne, saj so nepogrešljivi del vsakdanje prehrane. Glive nam pomagajo pripraviti kruh ter priljubljene pijače, kot sta pivo in vino, hkrati pa so v obliki gobove juhe in dodatka k ajdovi kaši ali pici pomemben del naše prehrane. Poleg tega so glive tudi vir različnih zdravil, kot so na primer antibiotik penicilin in statini - zdravila za uravnavanje ravni holesterola v krvi. S pomočjo gliv proizvajamo tudi številne druge izdelke, kot so vitamini, hormoni in encimi. V zadnjem času se uveljavljajo tudi izvlečki iz različnih gliv, ki so bogati z beta-glukani, ki krepijo

naš imunski sistem. Glive predstavljajo tudi pomembne modelne organizme v raziskavah o življenju (preglednica 1), saj omogočajo spoznavanje različnih procesov v celicah in večceličnih organizmih. Poleg tega glive s sožitjem z višjimi rastlinami – imenujemo ga mikoriza - omogočajo rast in preživetje številnim rastlinam. Mikoriza namreč omogoča glivi in rastlini izmenjavo hranil, pri čemer gliva dovaja rastlini mikrohranila in vodo z večjega območja substrata, ki ga naseljuje micelij, kot ga sicer rastline dosežejo s koreninami. Glive v mikorizi tudi prispevajo k obrambi rastline pred napadalci, saj tvorijo molekule za njeno zaščito. Glive so tako ključne pri dinamiki in ohranjanju ekosistemov. Nepogrešljive so tudi pri recikliranju odpadnega rastlinskega materiala in kroženju snovi v naravi.

Z izjemo kvasovk glive rastejo v obliki nitastih celic, imenovanih hife, ki se podaljšujejo na svojih koncih, se razvejejo, zlivajo in prepletajo, tako da tvorijo tridimenzionalno mrežo, imenovano micelij. Tak način rasti predstavlja najugodnejšo prilagoditev na njihov življenjski slog, ki omogoča največjo možno površino za absorpcijo hranil, saj glive pridobivajo hrano iz okolja. Tak način rasti tudi omogoča glivi, da doseže in kolonizira primerne substrate za rast. Nekatere hife dolgoživečega in samoobnavljajočega vegetativnega micelija se lahko diferencirajo v druga, bolj kompaktna tkiva, kot so na primer (običajno) kratkožive gobe. Goba je posebna struktura gliv, ki tvori spolne spore in omogoča njihovo razširjanje. Tvorijo jih vrste iz dveh taksonomsko različnih skupin dikariontskih gliv, in sicer prostotrošnice (Basidiomycota) in zaprtotrošnice (Ascomy-

Preglednica 1: Glive kot modelni organizmi.

Vrsta	Modelni organizem za:
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> (pekovska kvasovka)	evkariontski organizem
<i>Schizosaccharomyces pombe</i>	celični cikel in celično biologijo
<i>Aspergillus nidulans</i>	celično biologijo, evolucijo
<i>Neurospora crassa</i>	metabolne poti, cirkadijski ritem
<i>Candida albicans</i>	glivno patogenezo
<i>Eremothecium gossypii</i> (Ashbya gossypii)	filamentozno rast v obliki hif
<i>Phanerochaete chrysosporium</i> (mrenovka)	razgradnjo lignina
<i>Magnaporthe oryzae</i> (siva riževa pegavost)	glivno fitopatogenezo in interakcije med gostiteljem in parazitom
<i>Laccaria bicolor</i> (dvobarvna bledivka)	ektomikorizno simbiozo

cota). To posebno razmnoževalno strukturo (gobo) imenujemo tudi plodišče. Plodišče je struktura, ki je vidna s prostim očesom in jo lahko nabereimo, pri čemer se lahko tvori nadzemno (na primer jurčki) ali podzemno (na primer tartufi). Glede na način življenja razdelimo glive v gniloživke (saprofite), zajedavke (parazite) in soživke (simbionte).

Različna tkiva gliv so izpostavljena različnim sovražnikom, škodljivcem, plenilcem, tekmeccem, zajedavcem, patogenim mikroorganizmom in različnim glivojedcem, ki jih s skupno besedo imenujemo antagonisti. Ti se razlikujejo v različnih ekoloških nišah. Vegetativni micelij gniloživk je na primer izpostavljen drugim mikroorganizmom, ki tekmujejo za isti vir hranil in se lahko hranijo tudi z razgradnimi produkti, ki se sproščajo zaradi delovanja hidrolitičnih encimov, ki jih izloča gliva. Zato so s hranili bogati substrati, kot je gnoj rastlinojedcev, bojišče tekmovalnih saprofitnih bakterij in gliv. Po drugi strani so zaradi negibljivosti in visoke vsebnosti hranil tako vegetativni

miceliji kot tudi gobe privlačen vir hrane za plenilske živali. Glive v zemlji so pomemben vir hranil za členonožce, kot so na primer skakači, in za ogorčice. Gobe pa radi uživajo številni organizmi, vključno z različnimi žuželkami, polži, ptiči, sesalci in seveda ljudmi.

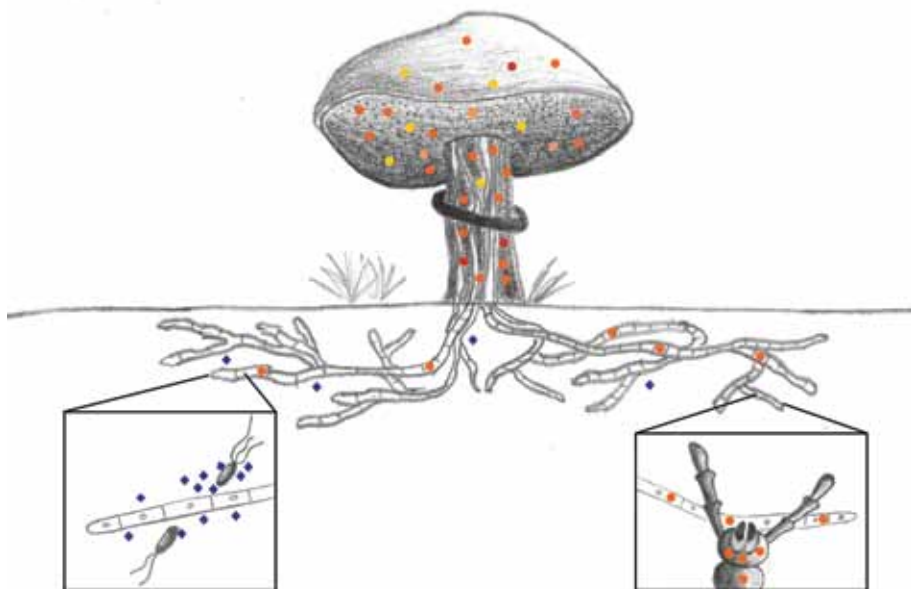
Glavna obramba gliv je kemične narave

Pri glivah poznamo različne strategije povečevanja tekmovalnosti v okolju in obrambe pred različnimi glivojedci. Nekaj vzporednic lahko potegnemo z rastlinami, ki imajo prav tako pritrjeni življenjski slog in podoben nabor antagonistov. Podobno kot pri rastlinah je glavna obrambna strategija gliv kemična obramba, to je tvorba toksinov, ki vplivajo na rast, razvoj ali preživetje različnih antagonistov. Te obrambne molekule vključujejo sekundarne metabolite (to so tisti metaboliti ali presnovki, ki niso neposredno povezani z normalno celično rastjo, razvojem ali razmnoževanjem), peptide (take, ki se tvorijo na ribosomih ali brez njih) in proteine, ki

običajno delujejo tako, da se vežejo na tarčne molekule antagonista (preglednica 2). Velja hipoteza, da se obrambne molekule, ki ciljajo tekmovalne mikroorganizme, izločajo iz celic in da se obrambne molekule, ki ciljajo plenilce oziroma glivojedce, shranjujejo v celicah in da delujejo na plenilce med prehranjevanjem, ko se prevzamejo v prebavni sistem (slika 1).

Primeri glivnih obrambnih molekul, ki se ujemajo s to hipotezo, so na primer beta-

laktamski antibiotik penicilin, ki ga tvorijo nekatere vrste gliv *Penicillium*, protiglivni lipopeptid pnevmokandin B₀, ki ga izloča gliva *Glarea lozoyensis*, in citotoksičen oktapeptid α -amanitin, ki ga tvorijo nekatere vrste mušnic (*Amanita*), kučmic (*Galerina*), stožk (*Conocybe*) in dežničkov (*Lepiota*). Penicilin se izloča in preprečuje delovanje encimov bakterij, ki sodelujejo pri sintezi peptidoglikana - to je glavna sestavina bakterijske celične stene in je zelo pomemben



Slika 1: Prikaz hipoteze o mestu molekul kemične obrambe pri glivah (na primeru gobe) proti mikrobnim tekmeccem in živalskim plenilcem (na primeru bakterij in skakačev). Glivo predstavlja podzemni micelij (podgobje) in nadzemno plodišče (goba), ki raste iz micelija. Kvadrata prikazujeta pogled od blizu na tekmovanje med glivno hifo in bakterijami (levo) in plenjenjem s strani glivojedcev skakačev (desno), pri čemer se gliva zaščiti s kemično obrambo; jedra v celicah hif so prikazana z ovali, zunajcelične protibakterijske obrambne molekule z modrimi kvadrati in znotrajcelične obrambne molekule z oranžnimi krogi. Rumeni, oranžni in rdeči krogi predstavljajo raznolikost znotrajceličnih obrambnih molekul. Obrambne molekule proti bakterijskim tekmeccem (modri kvadrati) se izločajo in vežejo na površino bakterijskih celic in delujejo toksično. Po drugi strani se obrambne molekule, namenjene proti glivojedcem, kot so skakači, shranjujejo v citoplazmi glivnih celic (oranžni krogi), od koder med prehranjevanjem prehajajo v prebavni sistem plenilca, kjer delujejo toksično (prirejeno po Künzlerju, 2018).

pri večini bakterijskih vrst. Na podoben način se izloča pnevmokandin B₀, ki zavira delovanje encima sintaze 1,3-β-D glukana - enega od glavnih encimov, ki sodeluje pri sintezi glivne celične stene. Nasprotno pa se α-amanitin, ki je shranjen znotraj celice, privzame med prehranjevanjem in vstopa v epiteljske celice prebavnega trakta živalskih plenilcev. Znotraj celic nato prepreči delovanje izjemno pomembnih jedrnih encimov, RNA-polimeraz II, ki omogočajo prepisovanje informacij iz molekul DNA v RNA. Poleg toksinov poznajo glive tudi bolj potuhnjene načine kemične obrambe, kot je na primer sinteza molekul, ki motijo bakterijsko in živalsko komunikacijo. Primeri so znotrajcelične laktonaze gnojiščne tintnice (*Coprinopsis cinerea*), ki inaktivirajo signalne molekule sistema za zaznavanje gostote bakterij pri po Gramu negativnih bakterijah, tako da preprečijo bakterijsko koordinacijo v prostoru. Drugi primer je sinteza mladostnega (juvenilnega) hormona žuželk pri glivi *Aspergillus nidulans*, ki služi za obrambo pred žuželkami. Mladostni hormon žuželk ima namreč pomembno vlogo pri preobrazbi in metabolizmu žuželk, pri čemer je za pravilen razvoj žuželke izjemno pomembno, kdaj in v kolikšni meri je izpostavljena temu hormonu. Poleg širokega nabora sekundarnih metabolitov uporabljajo glive tudi množico proteinov, ki delujejo kot odvračilne snovi ali kot toksini. Številčnost in raznolikost strupenih proteinov sta pri dikariontskih glivah osupljivi. Dve najbolj temeljito raziskani skupini proteinov so lektini (proteini, ki specifično vežejo bolj ali manj kompleksne sladkorje) in zaviralci proteaz, za katere velja, da so del obrambnega sistema gliv pred plenilci in zajedavci. Primer obrambnega zaviralca proteaz je knispin, to je zaviralec tripsina, ki z zaviranjem prebave beljakovin prepreči prehranjevanje mušjih ličink v plodišču poprhnjene livke (*Clitocybe nebularis*). Iz iste gobe je bil opisan lektin CNL, ki veže beta-galaktozide in je toksičen za žuželke. Iz gnojiščne tintnice (slika 2) pa so opisani lektini galektini,

ki prav tako vežejo beta-galaktozide, vendar so ti galektini toksični za ogorčice. Geni, ki kodirajo obrambne proteine, se pri gobah pogosto pojavljajo v več kopijah tako imenovanih paralognih genov, ki se na genomu nahajajo blizu skupaj, njihova variabilnost pa spominja na variabilnost, ki jo najdemo pri genih za protitelesa pri živalih in ljudeh.

Obramba gliv je lahko prisotna ves čas ali se sproži ob napadu

Tvorba obrambnih molekul je natančno uravnana na genetski ravni, saj te molekule ne sodelujejo pri primarnem metabolizmu in njihova sinteza porablja vire, ki so lahko omejeni. Uravnavanje izražanja obrambnih molekul je lahko neodvisna ali odvisna od antagonista. Tako so pokazali, da se pri glivi *A. nidulans* uravnavanje izražanja sekundarnih metabolitov koordinira z uravnavanjem spolnega razvoja. Poleg tega nekateri sekundarni metaboliti, katerih tvorjenje je omejeno na plodišče, kažejo toksičnost za členonožce, kar daje slutiti, da ta tkiva potrebujejo zaščito pred živalskimi plenilci. Podobno je koncentracija amatoksinov zelene mušnice (*Amanita phalloides*), vključno z α-amanitinom, najnižja v vegetativnem miceliju in najvišja v plodišču. Primerjalna analiza izražanja genov med vegetativnim micelijem in mladimi plodišči modelne gobe gnojiščne tintnice je razkrila, da se izločeni protibakterijski peptid copsin izraža izključno v vegetativnem miceliju, medtem ko se večina genov z zapisi za znotrajcelične insekticidne in nematocidne lektine specifično izraža v plodišču. To časovno-prostorsko uravnano izražanje omogoča stalno obrambo, ki je na voljo, kadarkoli antagonist napade glivo. Po drugi strani se vsaj nekateri lektini, ki so namenjeni obrambi pred živalskimi plenilci, izražajo v vegetativnem miceliju le kot odgovor na napad glivojedca. Podobno so za protiglivno molekulo strobilurin A pri prostotrošnici *Oudemansiella murata* pokazali sproženje izražanja le ob napadu s plesnijo *Penicillium*, da je zaščitil

Preglednica 2: Primeri glivnih toksinov in njihovih tarč (povzeto po Künzlerju, 2018).

Toksin	Izvirna gliva	Uravnavanje izražanja	Subcelična lokacija	Tip toksina	Tarčni organizem	Tarčna molekula
gliotoksin	<i>Aspergillus</i> spp.	stalno	zunajcelična	sekundarni metabolit	glive	proteasom
lovastatin	<i>Aspergillus terreus</i>	stalno	zunajcelična	sekundarni metabolit	glive	HMG-CoA-reduktaza
strobilurin A	<i>Oudemansiella mucida</i>	sproži kontakt z glivo	zunajcelična	sekundarni metabolit	glive	citokrom b
pnevmokandin B ₀	<i>Glarea lozoyensis</i>	stalno	zunajcelična	peptid	glive	sintaza 1,3-β-D glukana
copsin, plektasin, mikasin	<i>Coprinopsis cinerea</i> / <i>Pseudoplectania nigrella</i> / <i>Microsporum canis</i>	stalno	zunajcelična	peptid	bakterije	lipid II
penicilin	<i>Penicillium</i> sp.	stalno	zunajcelična	sekundarni metabolit	bakterije	transpeptidaze peptidoglikana
eniatin A1 in B	<i>Fusarium tricinctum</i>	sprožijo bakterije	zunajcelična	peptid	bakterije	membrana (ionofor)
aflatoksin B1	<i>Aspergillus flavus</i>	stalno in sproži poškodba	zunajcelična	sekundarni metabolit	žuželke	DNA
α-amanitin	<i>Amanita</i> , <i>Galerina</i> , <i>Conocybe</i> , <i>Lepiota</i> spp.	stalno	znotrajcelična	peptid	žuželke/ ogorčice	RNA-polimeraza II/III
omfalotin A	<i>Omphalotus olearius</i>	stalno	zunajcelična	peptid	žuželke/ ogorčice	neznana
ciklosporin A	<i>Tolypocladium inflatum</i>	stalno	zunajcelična	peptid	žuželke/ ogorčice	ciklofilin/ kalcinevrin
CGL2	<i>Coprinopsis cinerea</i>	stalno in sprožijo ogorčice	znotrajcelična	protein	žuželke/ ogorčice	N-glikoproteini
MOA	<i>Marasmius oreades</i>	stalno	znotrajcelična	protein	ogorčice	glikosfingolipidi
klitocipin	<i>Clitocybe nebularis</i>	stalno	znotrajcelična	protein	žuželke	cisteinske proteaze
α-sarcin	<i>Aspergillus giganteus</i>	stalno	znotrajcelična	protein	žuželke	28S rRNA

Okrajšave:

CGL2 – galektin 2 glive *Coprinopsis cinerea*,

CoA – koencim A,

HMG – β-hidroksi-β-metilglutaril,

MOA – aglutinin glive *Marasmius oreades*.



Slika 2: Primeri plodišč višjih gliv, ki so vir opisanih obrambnih molekul. Zgoraj: zelena (*Amanita phalloides*) in rdeča (*Amanita muscaria*) mušnica sta vir α -amanitina (prikazana mlada plodišča) in številnih drugih toksinov. Spodaj levo: pri gnojščni tintnici (*Coprinopsis cinerea*) so opisali različne tipe toksinov in je pomemben modelni organizem za študije obrambe pri višjih glivah. Spodaj desno: poprhnjena livka (*Clitocybe nebularis*) je bogat vir različnih obrambnih proteinov iz skupine zaviralcev proteaz in lektinov.

vegetativni micelij. Pri različnih plesnih so tudi pokazali, da napad z bakterijami ali členonožci sproži sintezo številnih genov z zapisi za biosintezo protimikrobnih in citotoksičnih sekundarnih metabolitov. Neodvisno izražanje obrambnih molekul poteka torej v določenih tkivih in je prostorsko in časovno omejeno. Njegova vloga je vzpostavljanje stalne obrambe pred določenimi škodljivci. Izražanje nekaterih drugih molekul pa se sproži šele ob napadu. Tako deluje tudi prirojeni imunski sistem pri rastlinah in živalih. Stalno obrambo predstavlja neodvisno izražanje obrambnih molekul, ki je lahko prostorsko in časovno omejeno glede na pričakovane antagoniste, medtem ko se izražanje obrambnih molekul lahko tudi sproži kot odziv na napad. Tak prirojeni imunski sistem verjetno predstavlja univerzalen način obrambe za večcelične organizme. Za dobro razumevanje obrambnega sistema pri glivah pa moramo odgovoriti še na nekatera odprta vprašanja glede specifičnosti kemične obrambe, ki se sproži ob napadu, ter prisotnosti sistemskega odgovora in imunološkega spomina.

Odprta vprašanja

Da bi lahko z gotovostjo odgovorili na vprašanje, ali imajo gobe imunski sistem, moramo glivni obrambni sistem bolje preučiti predvsem z vidika treh ključnih vprašanj prirojenega imunskega sistema:

1. Pri rastlinah in živalih so poznani kompleksni večplastni sistemi receptorjev in signalnih poti, ki so odgovorni za prepoznavo molekularnih vzorcev, povezanih s posameznimi antagonisti, in za sprožitev prirojenega imunskega odgovora. Pri glivah signalne molekule, receptorji in signalne poti, odgovorne za specifični odgovor na napad določenega antagonista, še niso poznane. Zato ni jasno, kakšna je *plastičnost in specifičnost kemične obrambe, ki se sproži ob napadu*. Šele razumevanje teh procesov bo razjasnilo, ali glive imajo različico prirojenega imunskega sistema.
2. Pri rastlinah sprožitev tvorbe obrambnih molekul ni omejena samo na meso, kjer pride do napada rastlinojedcev. Tvorba obrambnih molekul se lahko širi do drugih delov iste rastline in celo do sosednjih rastlin, ki še niso prišle v stik z antagonistom. To širjenje obrambnega odgovora temelji na ojačanju prvotno znanega signala s tvorbo rastlini lastnih (endogenih) signalnih molekul in prenosom teh molekul znotraj rastline in celo do drugih rastlin. Da je pri glivah tudi prisoten *sistemski obrambni odgovor*, lahko sklepamo iz prisotnosti molekul, podobnih tistim, ki so za širjenje in jačanje obrambnega odgovora prisotne pri rastlinah. Te so pri glivah poznane zaradi njihove vloge pri razvoju, kar nakazuje možno dvojno vlogo teh signalnih molekul pri razvoju in obrambi. Vendar prostorske razporeditve in širjenja sproženega obrambnega odgovora znotraj glivnega micelija še niso preučili.
3. Prvotna dogma, da prirojeni imunski sistem ne more zgraditi *imunološkega spomina*, se je pred kratkim preizpraševala tako za rastline kot tudi živali. Imunološki spomin omogoča organizmu hitrejši odziv na ponoven obisk istega antagonista, tako da ga nevtralizira prej in s tem antagonist povzroči manj škode. V proces izgradnje imunološkega spomina so vpletene epigenetske spremembe histonov, to so spremembe proteinov, ki so povezani z DNA in vplivajo na uravnavanje izražanja genov. Študije so nakazale, da podobni mehanizmi obstajajo tudi pri glivah.

Dosedanje redke raziskave kažejo, da je pri glivah prisoten obrambni sistem z elementi prirojenega imunskega sistema, pri čemer molekule, ki sodelujejo v njem, pogosto sodelujejo tudi pri drugih pomembnih procesih za življenje in razmnoževanje gliv.

Pomen

Nadaljnje raziskovanje in ugotavljanje lastnosti glivnega prirojenega imunskega sistema proti mikrobnim tekmeccem in živalskim plenilcem nista pomembni le z vidika temeljne znanosti, na primer za razumevanje evolucije prirojene obrambe, ampak tudi z vidika uporabne znanosti. Glive so namreč bogat vir kemično raznolikih naravnih snovi in mnoge od njih so namenjene obrambi pred različnimi antagonisti. Kot smo že dokazali, so te snovi zelo učinkovite pri zaščiti rastlin, živali in ljudi pred različnimi boleznimi in škodljivci. Ker se mnogo teh snovi tvori le kot odgovor na antagonista, so raziskave o glivnih interakcijah z antagonisti ključne za nadaljnjo uporabo te »naravne zakladnice«. Na Odseku za biotehnologijo Instituta »Jožef Stefan« smo skupaj z raziskovalci iz tujine v zadnjih dvajsetih letih našli in opisali številne nove obrambne proteine ter pomembno prispevali k razumevanju obstoja imunskega sistema gliv.

Literatura:

- Avanzo, P., Sabotič, J., Anžlovar, S., Popovič, T., Leonardi, A., Pain, R. H., Kos, J., Brzin, J., 2009: *Trypsin-specific inhibitors from the basidiomycete Clitocybe nebularis with regulatory and defensive functions*. *Microbiology*, 155: 3971–3981.
- Berlec, A., Sabotič, J., 2013: *Zdravilne gobe*. V: Kreft, S., Kočevar Glavač, N. (urednika): *Sodobna fitoterapija: z dokazi podprta uporaba zdravilnih rastlin*. Ljubljana: Slovensko farmacevtsko društvo.
- Bleuler-Martinez, S., Butsch, A., Garbani, M., Wälti, M. A., Wohlschlager, T., Potthoff, E., Sabotič, J., Pobleven, J., Lüthy, P., Hengartner M. O., Aebi, M., Künzler, M., 2011: *A lectin-mediated resistance of higher fungi against predators and parasites*. *Molecular Ecology*, 20: 3056–3070.
- Künzler, M., 2018: *How fungi defend themselves against microbial competitors and animal predators*. *PLoS Pathogens*, 14: e1007184.
- Nielsen, M. T., Klejnstrup, M. L., Rohlf, M., Anyaogu, D. C., Nielsen, J. B., Gotfredsen, C. H., Andersen, M. R., Hansen, B. G., Mortensen, U. H., Larsen, T. O., 2013: *Aspergillus nidulans synthesizes insect juvenile hormones upon expression of a heterologous regulatory protein and in response to grazing by Drosophila melanogaster larvae*. *PLoS One*, 8: e73369.
- Pobleven, J., Brzin, J., Vrabec, L., Leonardi, A., Čokl, A., Štrukelj, B., Kos, J., Sabotič, J., 2011: *Basidiomycete Clitocybe nebularis is rich in lectins with insecticidal activities*. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 91: 1141–1148.
- Sabotič, J., Bleuler-Martinez, S., Renko, M., Avanzo Cagli, P., Kallert, S., Štrukelj, B., Turk, D., Aebi, M., Kos, J., Künzler, M., 2012: *Structural basis of trypsin inhibition and entomotoxicity of cospin, serine protease inhibitor involved in defense of Coprinopsis cinerea fruiting bodies*. *Journal of Biological Chemistry*, 287: 3898–3907.
- Sabotič, J., Ohm, R. A., Künzler, M., 2016: *Entomotoxic and nematotoxic lectins and protease inhibitors from fungal fruiting bodies*. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 100: 91–111.
- Stöckli, M., Lin, C. W., Sieber, R., Plaza, D. F., Ohm, R. A., Künzler, M., 2017: *Coprinopsis cinerea intracellular lactonases hydrolyze quorum sensing molecules of Gram-negative bacteria*. *Fungal genetics and biology*, 102: 49–62.



Dr. Jerica Sabotič je mikrobiologinja, ki je na Biotehniški fakulteti Univerze v Ljubljani zaključila doktorski študij biotehnologije. Raziskovalno delo opravlja na Institutu »Jožef Stefan« in si je raziskovalne izkušnje nabirala tudi v Združenih državah Amerike, Angliji in Švici. Njeno raziskovalno delo se osredotoča na molekularne interakcije, predvsem med proteini ter med proteini in glikani. Sodelovala je pri odkritju več novih družin proteinov, ki so prisotni le pri višjih glivah in imajo izjemne lastnosti. Navdušuje jo znanstveni pristop, ki omogoča iskanje novih izjemnih naravnih spojin in proteinov, ki se lahko uporabijo za preprečevanje nastajanja bakterijskih biofilmov, za raziskave raka in človeškega imunskega sistema ter za boj proti invazivnim škodljivcem rastlin.