

# INVAZIVNI KOROVI

## invazivni procesi, ekološko-genetički potencijal, unošenje, predviđanje, rizici, širenje, štete i kartiranje

### REZIME

Poslednjih tridesetak godina biološke invazije privlače sve veću pažnju ekologa, što je dovelo do rapidnog povećanja naučnih radova i popularnih članaka, kao i knjiga o invazijama, pa se stiče utisak da su invazije relativno nova pojava. Ipak, prvi radovi koji se odnose na invaziju potiču od poznatog prirodnjaka Darwin-a, koji kaže: „Mnogi evropski organizmi su prisutni na terenu La Plate, a u manjoj meri i u Australiji i u izvesnom stepenu su nadvladali autohtone vrste...“. Uprkos tome što su biološke invazije postojale i u dalekoj prošlosti, u opisivanju istorije bioloških invazija obično se kreće od publikovanja čuvenog klasičnog dela o invazijama „The Ecology of Invasions by Animals and Plants“ (Elton, 1958)<sup>1</sup>. Međutim, sadržaj ove publikacije je shvaćen tek 1980-tih, odnosno kada je postalo jasno da su invazije alohtonih vrsta jedna od najvećih opasnosti po autohtone vrste i ekosistem.

Uprkos različitim gledištima, neslaganjima i preklapanjima koja unose konfuziju, proučavanje bioloških invazija zahteva da se razgraniče pojmovi i pojednostave definicije koje se koriste u ovoj oblasti nauke. Vrlo je značajno naglasiti da prema poreklu organizmi mogu biti autohtoni i alohtoni. **Autohtoni** organizmi su vrste prisutne u oblastima koje predstavljaju deo njihovog prirodnog areala, a **alohtoni** su oni organizmi koji su introdukovani u područja koja nisu deo njihovog prirodnog areala. Postoje i vrste koje se ne mogu sa sigurnošću svrstati u jednu od ove dve grupe i takve vrste se označavaju kao **kriptogene**. Alohtone vrste na području u koje su introdukovane mogu ugroziti opstanak autohtonih vrsta i ispoljiti negativne uticaje na ekosistem, poljoprivredu, zdravlje ljudi i domaćih životinja, kao i na socio-ekonomske odnose u nekoj zemlji.

Definisanje bioloških invazija u skladu sa kriterijumom uticaja na zajednicu podrazumeva da vrsta mora imati veliki (pozitivan ili negativan) uticaj na zajednicu, tj. ekosistem u kome se širi da bi se smatrala invazivnom. Generalno, uticaj bioloških invazija na zajednicu, odnosno ekosistem, zavisi kako od bioloških osobina vrste, tako i od osobina zajednice, tj. ekosistema u koji je ta vrsta dospela. Dakle, ukoliko jedna ista vrsta dospe u dva različita ekosistema efekat njene invazije ne mora biti (i uglavnom nije) isti. Različite studije su pokazale da je intenzitet uticaja veći u slučaju kada su razlike u osobinama alohtonih i autohtonih vrsta izraženije. Takođe, različita su gledišta o tome da li se u kategoriju invazivnih mogu svrstati samo introdukovane strane vrste ili ovoj grupi pripadaju i autohtone vrste. Sa ekološkog stanovišta, invazivna vrsta je uvek „stranac“ za sredinu u koju je dospela. Neki istraživači smatraju da vrsta koja je autohtona za region takođe može da se smatra

---

<sup>1</sup> [Elton, C. S.: The ecology of invasions by animals and plants. Methuen, London, 1958.](#)

invazivnom kada zauzima susedna i obližnja staništa pri čemu se difuzno širi. Ovakvo šire shvatanje bioloških invazija negira razlike između autohtonih i introdukovanih alohtonih vrsta. To pomaže da se pojam invazija pojednostavi, jer isključuje dilemu koja se javlja u slučaju kriptogenih vrsta za koje nije jasno da li su autohtone ili ne. Iako postoje gledišta da se autohtone vrste ne mogu smatrati invazivnim, Richardson i saradnici (2000)<sup>2</sup>, Pyšek i Richardson (2006)<sup>3</sup> i drugi fitoekolozi smatraju da funkcionalna sličnost između autohtonih vrsta koje iznenada postanu dominantne i introdukovanih koje osvoje novo područje ukazuje na zajedničke mehanizme širenja u oba slučaja.

Groves (1986)<sup>4</sup> smatra da se proces invazije može podeliti u tri faze: introdukcija, kolonizacija i naturalizacija. On **introdukciju** definiše kao proces širenja reproduktivnih organa, koji dospevaju na mesto van prethodnog areala rasprostranjenja vrste i uspostavljanja populacije odraslih biljaka. Pod **kolonizacijom** podrazumeva da se biljke koje formiraju populaciju razmnožavaju i da se kao rezultat povećanja njihovog broja formira samostalna kolonija. Na kraju, **naturalizacijom** smatra trenutak kada vrsta uspostavi nove populacije koje su sposobne da se održavaju, šire i postaju sastavni deo autohtone flore. Sa ovakvim definisanjem faza invazije nisu se složili svi fitoekolozi koji se bave biološkim invazijama jer smatraju da ovakva podela nije dovoljno jasna. Oni smatraju da je introdukcija fundamentalni uslov za invaziju, pri čemu je ono što je opisano kao kolonizacija integralni deo pojma naturalizacije, a da opis naturalizacije odgovara pojmu „invazivnost“. Isti autori invaziju definišu kao proces u kome takson mora da prevaziđe različite biotičke i/ili abiotičke barijere. Koncept „barijera“ (bilo da se radi o barijerama koje jesu ili o onima koje nisu prevaziđene) je veoma pogodan za definisanje faza invazivnog procesa. Prema ovom konceptu, introdukcija znači da je biljka uz pomoć čoveka uspeła da prevaziđe veliku geografsku barijeru. Mnogi introdukovani taksoni preživljavaju tako što mogu da se razmnožavaju, ali ne mogu da održe svoje populacije tokom dužeg perioda. Dalje, smatra se da naturalizacija počinje kada životna sredina (kao jedna od barijera) pogoduje jedinki da preživi i da se normalno reprodukuje. Dakle, takson se može smatrati naturalizovanim tek kada je prevazišao sve tri pomenute barijere. U ovoj fazi populacija je dovoljno velika da je verovatnoća njenog izumiranja usled nepovoljnih uslova sredine niska. Prema konceptu „barijera“, pod invazijom se podrazumeva širenje taksona van mesta introdukcije pri čemu introdukovane biljke moraju takođe da prevaziđu barijere koje sprečavaju njihovo širenje u novom regionu. Introdukcija i širenje vrsta na nova područja počelo je još sa seobama plemena, a naglo narušavanje prirodnih celina intenziviralo se civilizacijskim, društvenim, industrijskim i urbanim razvojem, koji je pratio nagli napredak tehnike, modernizacija

---

<sup>2</sup> [Richardson, D. M., Pyšek, P., Rejmanek, M., Barbour, M. G., Panetta, F. D., West, C. J.: Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions. Diversity and Distribution, 6: 93-107, 2000.](#)

<sup>3</sup> [Pyšek, P., Richardson, D. M.: The biogeography of naturalization in alien plants. Journal of Biogeography, 33: 2040-2050, 2006.](#)

<sup>4</sup> [Groves, R. H.: Invasion of mediterranean ecosystems by weeds. In: Resilience in Mediterranean-type Ecosystems \(Dell, B., Hopkins, A. J. M., Lamont, B. B., eds.\). Junk, Dordrecht, 129-145, 1986.](#)

saobraćaja i transporta, posebno prekookeanskog i interkontinentalnog, tako da se broj namerno ili slučajno introdukovanih vrsta značajno povećao.

Za veliki broj adventivnih korovskih vrsta ne zna se tačno vreme i način introdukcije, kao ni način i putevi širenja, već postoje samo pretpostavke. Istraživači pokušavaju na različite načine da rekonstruišu načine introdukcije i puteve širenja vrsta na određenim prostorima. Jedan od pristupa u ovim istraživanjima podrazumeva analizu muzejskih zbirki, koje su bogati izvori informacija za ekologe i fitogeografe. Uglavnom, istraživači se slažu u mišljenju da neki prirodni procesi nikada ne bi mogli biti objašnjeni i opisani bez korišćenja tih životinjskih i biljnih kolekcija. Biološke kolekcije takođe imaju jako važnu ulogu u praćenju nestajanja pojedinih vrsta i narušavanju biodiverziteta ekosistema koji su, uglavnom, prouzrokovani delovanjem čoveka. Herbarski materijal vrlo eksplicitno dokumentuje i potvrđuje prisustvo ili odsustvo vrste, što omogućava dosta pouzdane rekonstrukcije procesa širenja invazivnih vrsta. Mape (karte) koje se prave na osnovu analize raspoloživih herbarskih materijala pokazuju prostornu distribuciju „biljaka osvajača“ u funkciji vremena i pružaju dokaze o invazivnim putevima i pravcima širenja, kao i brzini, odnosno dinamici širenja alohtonih invazivnih vrsta.

Trinajstić (1976)<sup>5</sup> je predložio sličnu podelu, i to na: **boyletofite** – namerno unete adventivne biljne vrste i **aboyletofite** – slučajno, odnosno mimo čovekovog znanja unete vrste. Namerna introdukcija podrazumeva unošenje nove vrste, najčešće namenjene za dekoraciju. Ako takva vrsta „pobegne iz žardinjera i bašta“ može se velikom brzinom raširiti po okolnim ekosistemima nanoseći im velike štete. U prirodnim staništima introdukcija je dozvoljena kada se introdukovane vrste koriste za biološku borbu, ili kada introdukovane vrste imaju skoro identične funkcije u ekosistemu kao i vrste koje su nestale, odnosno kada se nestala vrsta zamenjuje introdukovanom. Slučajne introdukcije često ostaju dugo neprimećene, registruju se najčešće kasno kada već počnu da predstavljaju problem na ruderalnim i obradivim površinama. Načini slučajne introdukcije su različiti – nedovoljno prečišćen semenski materijal, upotreba nezagorelog stajnjaka, neadekvatna obrada zemljišta, industrija vune, saobraćaj, vetar, životinje, itd. Slučajno unošenje semena korova najčešće se dešava preko pošiljaka semenskog i sadnog materijala koje ne registruje karantinska služba prilikom kontrole robe koja se uvozi ili izvozi. Na ovaj način je u XIX veku sa semenom kukuruza i crvene deteline *Ambrosia artemisiifolia* dospela iz Amerike u Evropu, dok je *Eleusine indica* krajem XIX veka unešena u Evropu sa semenom uljarica, a *Lepidium virginicum* je uneta sa semenom trava i uljarica.

Neki autori smatraju da razliku treba praviti i u odnosu na vreme introdukcije. U vezi sa ovakvim gledištem introdukovane alohtone vrste se dele na: **arheofite** – taksone koji su u centralnu Evropu introdukovani pre 1492. godine (otkriće Amerike), i **neofite** – taksoni koji su introdukovani nakon toga. Još detaljniju podelu adventivnih vrsta prema periodu njihove introdukcije je predložio Trinajstić, koji ih je podelio na: **arheofite** – introdukovane u periodu od paleozoika do neolitika; **paleofite** – introdukovane za vreme starog i srednjeg veka do

---

<sup>5</sup> [Trinajstić, I.: Hronološka klasifikacija antropohora. Fragmenta herbologica Jugoslavica, Zagreb, 2: 27-31, 1976.](#)

otkrića Amerike (1492. godine); **neofite** – introdukovane posle otkrića Amerike do početka II svetskog rata, i **neotofite** – introdukovane od početka II svetskog rata do danas.

Introdukcija kao i širenje introdukovanih alohtonih vrsta je moguća, u zavisnosti od oblika, građe i veličine reproduktivnih organa, na više načina: autohorno, antropohorno, anemohorno, hidrohorno i zoohorno. Kod nekih vrsta zreli plodovi, zahvaljujući svojim morfo-anatomskim karakteristikama, mogu naglo da se otvaraju ili da se brzo „uvrću“, što omogućava da se seme oslobodi i odbaci na određenu udaljenost – ovakav način širenja semena označen je kao **autohorija**. Rasejavanje plodova i semena biljaka pomoću vetra označava se kao **anemohorija**. Anemohorija je jedan od najčešćih i najuspešnijih načina da biljke brzo i efikasno pređu velika rastojanja i osvoje nova staništa. Rasejavanje plodova i semena korovskih biljaka pomoću vode naziva se **hidrohorija** i ovaj način širenja za korovske biljke ima daleko manji značaj u poređenju sa anemohorijom, osim kada je reč o akvatičnim invazivnim biljkama kakva je npr. *Elodea canadensis*. **Zoohorija** obuhvata sve načine rasejavanja plodova i semena biljaka, a time i korova, pomoću životinja. Plodovi i semena se na ovaj način mogu rasejavati: endozoično – rasejavanje izmetom kada semena i/ili plodovi neoštećeni prođu kroz digestivni trakt životinje, sinzoično – skladištenjem prilikom skupljanja hrane za zimski period, i epizoično – kačenjem za krzno (vunu, dlaku, perje). Kada se rasejavanje semena i plodova dešava posredstvom kičmenjaka najznačajnije su: ornitohorija (rasejavanje pticama) i teriohorija (rasejavanje sisarima). Rasprostiranje plodova i semena biljaka uz pomoć čoveka označava se kao **antropohorija**. Antropohorija prati poljoprivredu od samog njenog postanka i može se reći da su razmere i daljinski dometi antropohorije u funkciji vremena postajali sve izraženiji. Tome su u velikoj meri doprinele seobe naroda, putovanja, intenzivni saobraćaj, ratovi, trgovina, a donekle i turizam.

Uticaj bioloških invazija na ekosistem je predmet brojnih rasprava u naučnim krugovima. Mnogi istraživači invazije „okrivljuju“ za smanjenje biodiverziteta, ali ako se uzme u obzir da broj naturalizovanih vrsta daleko prevazilazi broj izumrlih može se zaključiti da je kao rezultat invazivnih procesa nivo diverziteta porastao. Dakle, kad je u pitanju diverzitet, invazije ne treba *a priori* svrstavati u negativne pojave. U prilog tome govori i činjenica da je flora centralne Evrope postala bogatija zahvaljujući brojnim novounetim biljnim vrstama, a na području Mediterana zabeleženo je više slučajeva pozitivnog uticaja invazija na bogatstvo vrsta. Ipak, jasno je da je teško odrediti i predvideti različite uticaje introdukovanih vrsta na prirodna staništa i životne zajednice.

Da bi se što objektivnije procenio uticaj introdukovanih vrsta u novodospeloj sredini neophodno je sagledati:

- kako se introdukovana vrsta/populacija ponaša,
- kako utiče na biotske i abiotske faktore,
- kako životna sredina utiče na ove populacije i
- kako se ove populacije genotipski i fenotipski menjaju u novoj sredini.

Promene u ekosistemu izazvane invazivnim vrstama koje nemaju značaj za dobrobit ljudi uglavnom ne privlače veliku pažnju javnosti, uprkos tome što njihov uticaj na ekosistem može biti veoma značajan. Međutim, uticaji invazivnih vrsta na ekosistem koji dotiču interese čoveka privlače čovekovu pažnju širom sveta. Efekti na ekosistem su vidljivi preko primarne produkcije, kruženja materija i vode, formiranja zemljišta i održavanja plodnosti, kao i na

proizvodnju hrane, sveže vode, goriva, genetičke resurse, biohemikalije i farmaceutske proizvode, narodnu medicinu, ukrasne biljke itd. Osim toga, mnoge alohtone vrste su patogeni ili paraziti biljaka, a invazivni korovi i drugi invazivni organizmi su ozbiljan problem u poljoprivredi. Takođe, invazivni organizmi menjaju kvalitet vazduha, klimu, vodni režim (vreme i obim poplava, oticanje vode i sl.), kvalitet i kvantitet vode, regulaciju bolesti, kontrolu prirodnih štetočina, polinaciju, kontrolu erozije i zaštitu od oluja. Kroz uticaj na ekosistem invazivni organizmi utiču i na izgled ekosistema, rekreaciju, turizam, duhovne i religiozne vrednosti, obrazovne i naučne vrednosti, vrednosti kulturnog nasleđa itd. Pažnju javnosti posebno privlači ekonomski uticaj invazivnih vrsta na ekosistem, koji se odnosi na troškove suzbijanja i eradikacije invazivnih vrsta. Takođe, veliki značaj se pridaje invazijama korovskih vrsta koje ispoljavaju različite negativne efekte u poljoprivredi. Osim toga, pojedine grupe invazivnih organizama ispoljavaju značajan uticaj na zdravlje ljudi, bilo tako što su direktni uzročnici bolesti i alergija ili tako što su vektori prouzrokovala bolesti biljaka. Mnoge invazivne vrste mogu izazvati alergijske reakcije kod ljudi i životinja. Problemi izazvani invazivnim biljkama mogu takođe biti mehanički i traumatski. Pored negativnih uticaja na zdravlje ljudi i životinja, mnoge invazivne vrste poseduju lekovite sastojke i kao takve mogu se upotrebiti u narodnoj medicini, farmaceutskoj, kozmetičkoj, prehrambenoj industriji i sl.

Uticaj invazivnih vrsta na društvo i ekonomiju može biti: (i) negativan, (ii) negativan sa povremenim malim pozitivnim efektima, i (iii) pozitivan, pri čemu se njihov značaj različito vrednuje u zavisnosti od percepcije, koja može biti vrlo heterogena, promenljiva i zavisiti od konteksta u kom se posmatra. Jedan od ključnih problema kada je u pitanju vrednovanje i karakterizacija invazivnih procesa je nedostatak znanja. Činjenica je da se uticaj bioloških invazija, u socio-ekonomskom smislu, analizira u odnosu na to da li neka vrsta narušava prednosti koje ekosistem pruža ljudima za život ili ne. Još jedan primer dvostrukog tumačenja invazivnosti jeste npr. slučaj vrsta *Aegilops triuncialis* i *Acacia mearnsii*, koje ekolozi svrstavaju u nepoželjne, dok agronomi smatraju da je korist od ovih vrsta veća (povećavaju sadržaj azota u zemljištu) od negativnih efekata koji im se pripisuju sa socio-ekonomskog aspekta. Generalno, društvene posledice bioloških invazija mogu se podeliti u četiri kategorije: etičke, estetske, istorijske i rekreativne. Etički značaj potiče od uverenja da različite vrste imaju suštinsku vrednost i zaslužuju zaštitu od uništenja ljudskim aktivnostima. Estetski značaj invazivnih vrsta ogleda se u prirodnoj lepoti ovih organizama i njihovih staništa, a istorijska vrednost se odnosi na istorijski značaj vrste u nekom području ili regionu.

Za razliku od Severne Amerike, Australije ili Novog Zelanda, koji posvećuju veliku pažnju ekonomskim posledicama bioloških invazija, u Evropi se ovom pitanju veća pažnja posvećuje tek poslednjih desetak godina, pri čemu je procenjeno da godišnji gubici od invazivnih alohtonih vrsta iznose oko 12 milijardi evra. Samo gubici izazvani polenom korovske vrste *Ambrosia artemisiifolia*, usled medicinskih troškova u Mađarskoj dostižu 10 miliona evra, a u Austriji 88 miliona evra. Osim toga, ova vrsta može da prouzrokuje štete u turizmu, kao što je slučaj sa dalmatinskom obalom koja je „preplavljena“ ambrozijom. Takođe, ova vrsta dovodi do ogromnih gubitaka u poljoprivredi, posebno u usevima suncokreta, kukuruza, šećerne repe i soje, pri čemu ovi gubici samo u Mađarskoj dostižu 130 miliona evra.

Uprkos velikom naučnom i tehnološkom napretku problem bioloških invazija nije moguće rešiti u potpunosti, usled toga što čovečanstvo i dalje nije u mogućnosti da kontroliše sve procese koji se dešavaju u prirodi. Ipak, moguće je preduzeti različite mere u cilju ograničavanja bioloških invazija i smanjenja njihovih negativnih posledica. Organizacija za zaštitu bilja u Evropi i na Mediteranu (EPPO – European and Mediterranean Plant Protection Organization) poslednjih 60-tak godina nastoji da spreči unošenje i širenje organizama koji su štetni za biljke na području Evrope i Mediterana, pri čemu prioritet daje organizmima štetnim za poljoprivredu. Kako invazivne biljke mogu ozbiljno da ugroze autohtone vrste i njihove prirodne zajednice, EPPO posebno analizira rizike od invazivnih biljnih vrsta u EPPO regionu i preporučuje mere za sprečavanje njihovog unošenja i širenja putem međunarodne trgovine.

Godine 2002. konstituisana je Komisija o invazivnim vrstama, koja ima zadatke:

- da prikupi informacije o invazivnim vrstama biljaka za EPPO region;
- da sprovede studije o proceni rizika za specifične invazivne vrste;
- da preporuči mere za sprečavanje njihovog unošenja i širenja; i
- da preporuči mere za iskorenjivanje i/ili kontrolu već unetih vrsta koje su u invaziji.

Jedan od veoma važnih zadataka EPPO je da podstiče razmenu informacija o invazivnim biljkama preko svojih publikacija (EPPO Bulletin), baza podataka i međunarodnih konferencija, a osim toga EPPO saraduje sa više evropskih organizacija koje se bave očuvanjem biodiverziteta i zaštitom životne sredine.

Za pouzdano praćenje, procenu rizika i kontrolu invazivnih vrsta veoma je važno proučavanje **genetičkog diverziteta** unutar jedinki iste vrste koji je u suštini rezultat prisustva različitih alela i genofonda, a time i različitih genotipova unutar jedne populacije. Merenje genetičkog diverziteta invazivnih korovskih biljaka zahteva analizu populacije duž određenog gradijenta sredine. Različite nivoe genetičke strukture vrste je moguće pratiti duž različitog prostornog gradijenta, međutim, i relativni značaj faktora sredine koji utiču na genetičku strukturu varira duž kontinuuma prostornog gradijenta. Tako npr. nejednak transfer gena je ključni činilac koji definiše genetičku strukturu populacije na užem području, dok različiti faktori sredine (biotički i/ili abiotički) imaju veći uticaj na genetičku strukturu populacije na širem području. Na globalnom, tj. kontinentalnom i/ili interkontinentalnom nivou, na genetičku strukturu invazivnih korovskih vrsta i prilagođenost njihovih populacija novoj sredini veliki uticaj ima čovek.

Glavni izvori genetičkog diverziteta su rekombinacija, hibridizacija, introgresija i mutacije. Mutacije dovode do promene u sekvenci DNK. Dakle, svaka promena u strukturi genetičkog materijala čiju pojavu nije moguće pripisati rekombinaciji gena ili hromozoma se smatra **mutacijama**. To je promena u nekoj od osobina koja nije nasleđena od roditelja, ali kada se javi dalje se nasleđuje u potomstvu. Osnovu populacione genetike čine oscilacije, tj. fluktuacije genetičke varijabilnosti koje proističu iz promena u alelima i frekvenciji genotipova tokom vremena. Faktori koji pokreću ove promene i utiču na nivo genetičkog diverziteta unutar i između biljnih populacija su: selekcija, transfer gena, genetički drift, sistem ukrštanja, itd. Znači, ako je poznat nivo genetičke varijabilnosti i ako je ta varijabilnost unutar i između populacija dešifrovana, može se utvrditi kako su faktori koji su doveli do varijabilnosti delovali na populaciju/vrstu u toj sredini, i na taj način je moguće pouzdano rekonstruisati filogenetsko stablo vrste, kao i njenih nižih i viših taksona. Međutim,

relativni uticaj svakog pojedinačnog faktora (npr. temperatura, vlažnost, salinitet, trofički režim zemljišta itd.) koji dovodi do populacione varijabilnosti varira u vremenu i prostoru, tako da je veoma teško definisati šta je tačno uticalo na genetičku strukturu te populacije.

Druga ispitivanja fokusirana su na diverzitet invazivnih populacija, proučavajući genetičku strukturu sa namerom da razjasne kako se alohtone biljne populacije prilagođavaju i šire u novokolonizovanoj sredini. Odnosno, koja genetička svojstva omogućuju adaptivnost, tj. čine vrstu eurivalentnom i plastičnom u novoj sredini. U vezi sa tim preovlađuje mišljenje da populacija sa izraženijim genetičkim diverzitetom po pravilu ima veću stopu invazivnosti, koja npr. kod *A. artemisiifolia* iznosi 6 do 20 km na godišnjem nivou, što ambroziju svrstava u ekstremno invazivne korovske vrste.

Na stopu i brzini širenja invazivnih korovskih vrsta, kao i drugih živih organizama, veoma važnu ulogu imaju **ekološke adaptacije**, bez obzira da li se radi o sredini gde je vrsta autohtona ili o sredini u koju je vrsta introdukovana, tj. ima status alohtone vrste. Merljive ekološke adaptacije se mogu dovesti u vezu sa genetičkim diverzitetom populacije i to na osnovu stope promena nastalih prirodnom selekcijom. Takođe, nivo ekoloških adaptacija alohtonih biljnih vrsta, tj. njihovih populacija, u velikoj meri zavisi i od kapaciteta inicijalne kolonizacije (grupe prvounetih jedinki). Naime, tokom adaptacija na nove uslove staništa može doći do značajne redukcije genetičkog diverziteta te alohtone vrste. Teoretski to znači da u početku može doći do slabljenja adaptivne sposobnosti alohtone vrste u novoj sredini, ali ne znači da se to uvek i dešava. Tokom perioda ekoloških adaptacija introdukovana vrsta mora da prođe kroz više faza, a to su efemerna, naturalizovana i invazivna, i tokom tih faza manje ili više dolazi do slabljenja adaptivnih sposobnosti, ali tokom vremena se vrsta/populacija po toj osobini „regeneriše“. Postoji nekoliko mogućih načina obnavljanja genetičkog diverziteta introdukovane vrste tokom adaptacija: višekratni unos vrste/populacije sa kojim se unose novi, tj. dodatni genotipovi iz prirodnog areala rasprostranjenja vrste; i u procesu intra- ili interspecijske hibridizacije.

Klonskom reprodukcijom se može smanjiti genetički diverzitet unutar populacija, tako da se bolje prilagođeni klonski genotipovi brže šire i bolje iskorišćavaju raspoložive resurse i time su uspešniji kompetitori za životni prostor i prirodne resurse. Klonovi u genetičkom smislu predstavljaju grupu genetički identičnih ćelija ili organizama nastalih od jedne iste ancestralne ćelije ili organizma. Među alohtonim invazivnim korovskim vrstama koje se javljaju kao klonovi su npr. *Fallopia japonica*, *Alternanthera philoxeroides*, *Egeria densa*, *Pilosella officinarum* i dr.

Adaptivni mehanizmi alohtonih invazivnih korovskih biljaka zasnivaju se na dve grupe faktora: fenotipskoj plastičnosti i selekciji u procesu koje opstaju ekotipovi koji uspevaju da se adaptiraju na nove uslove staništa. **Fenotipska plastičnost** je fenomen u kome isti genotip može da ispolji čitav niz različitih fenotipova u različitim uslovima sredine. Ovo svojstvo upravo dolazi do izražaja kod adaptacija alohtonih korovskih vrsta u odnosu na lokalne uslove sredine. Nasuprot gore izloženom, mnogi istraživači koji se bave biološkim invazijama daju značaj procesu prilagođavanja invazivne vrste na lokalne uslove sredine u procesu **selekcije** unutar intraspecijske varijabilnosti. Oni su utvrdili značajnu genetičku varijabilnost unutar autohtonih populacija kantariona (*Hypericum perforatum*), koje rastu u Evropi i introdukovanih (alohtonih) populacija koje su raširene u Americi kao invazivne biljke.

Poliploidija i hibridizacija mogu biti važni faktori u razvoju novih adaptivnih osobina kod korovskih vrsta koje mogu dovesti do brzog kolonizovanja novih staništa u novoj sredini. Određene filogenetske grupe biljaka su biološki predisponirane da stvaraju hibridne jedinke i/ili da se održavaju kao hibridi. **Poliploidija** je stanje u kome organizam ima veći broj garnitura hromozoma od diploidnog broja. Poliploidne populacije nastaju u procesu hibridizacije prilikom ukrštanja srodnih vrsta i po pravilu one imaju bolji fitnes od diploidnih jedinki iste vrste, najverovatnije zbog povećanja heterozigotnosti i smanjene inbriding depresije (smanjenje adaptivne vrednosti i vigora nastalog kao posledica inbridinga na jedinkama koje su normalno stranoopodne). Korovi hibridi mogu nastati kao rezultat polnog razmnožavanja između individua različitih vrsta (interspecijska hibridizacija), ili između različitih populacija unutar iste vrste (intraspecijska hibridizacija). Prva generacija (F1) biljaka koja nastaje u procesu hibridizacije obično sadrži širu garnituru genetičkog materijala od svojih roditelja. Nastalo potomstvo može međusobno polno da se razmnožava i da stvara nove generacije novih hibrida. Ponovljeno povratno ukrštanje hibridnog potomstva sa istom roditeljskom linijom može preneti pojedinačne gene i ugraditi osobine od jednog roditelja iz populacije (vrste) na ostale. U stvarnosti, to znači da mnoge invazivne hibridne biljke predstavljaju kontinuitet hibridnih tipova, rangiranih od novog F1 hibrida do visoko introgresiranih jedinki koje mnogo više liče na jednog roditelja, odnosno veoma malo liče na drugog roditelja. Pojava introgresije predstavlja ugrađivanje gena jedne vrste u genski pul druge vrste korišćenjem hibridizacije i povratnog ukrštanja.

**Hibridizacija** autohtonih i alohtonih biljaka može omogućiti introdukovanoj vrsti da nasledi adaptivne osobine od autohtone vrste. Takođe, moguće je i obrnuto, tj. da nastali hibrid nasledi veći deo genetičkog materijala od introdukovanih biljaka koji im omogućava da lakše prodre, asimilira se u autohtonu populaciju. Do sada je poznato više hibrida nastalih u procesu hibridizacije između native i introdukovane vrste koji predstavljaju primere potencijalne genetičke asimilacije, pri čemu su ti hibridi postali agresivne invazivne vrste, kao npr. *Taraxacum officinale* i *Taraxacum ceratophorum* u Americi, *Eucalyptus* spp. na Tasmaniji, *Spartina alterniflora* u Kaliforniji itd.

Poređenjem genetičkog diverziteta populacija u novodospeljoj i nativej sredini jedne vrste moguće je potencijalno pokazati koje domaće populacije su bile izvori za invaziju. Isto tako, na osnovu uporedne analize genetičkog diverziteta autohtone i alohtone populacije moguće je proceniti koliko se genetički diverzitet gubi tokom invazivnog procesa, što s druge strane potvrđuje da je bilo ili ne višekratnog unošenja populacija.

Kao i sa ispitivanjima genetičkog diverziteta, i za **rekonstrukciju istorijata invazije** određene vrste, samim tim i korovske vrste, potrebno je uraditi genetičku analizu biljnog materijala. Do sada je opisano nekoliko generalnih pristupa istoriji invazija, ali još nisu precizno definisani modeli biljnih invazija. U naučnim krugovima egzistira nekoliko modela kojima se objašnjava istorija bioloških invazija. Jedan od pristupa se bazira na činjenicama da u startu dolazi do redukcija genetičkog diverziteta kod introdukovanih populacija usled propadanja izvesnog dela individua u koloniziranim biljnim populacijama, s tim što to nije uvek apsolutna barijera, tako da je kasnije moguće širenje preživelih populacija. Drugi pristup u objašnjenju istorije biološke invazije polazi od pretpostavke da je bilo višekratnog unošenja populacija koje se pozitivno odrazilo na pojavu i proces biološke invazije. U vezi sa ovim, prema prethodnim istraživanjima, pojavu nekih invazivnih biljaka inicirala je „šačica“



unetih jedinki, ili čak unos pojedinačnih individua. Treći pristup u objašnjavanju istorije invazija se zasniva na genetičkoj analizi koja pokazuje da je čovek mnoge vrste slučajno (pr. *Ambrosia artemisiifolia* i *Ambrosia trifida* iz Amerike u Evropu) ili namerno (pr. *Fallopia japonica* sa Dalekog Istoka u Evropu) uneo zbog određenih potreba.

Hibridizacija kao metod stvaranja biljaka tolerantnih na herbicide je posebno značajna kod biljnih vrsta kod kojih je moguće izvršiti ukrštanje sa korovskim vrstama ili divljim srodnicima koji poseduju gene otpornosti na određeni herbicid. Ukrštanjem korovske vrste *Brassica campestris*, otporne na atrazin, sa nekoliko gajenih vrsta iz roda *Brassica*, stvoreni su komercijalno značajni genotipovi, otporni na atrazin. Iako je prinost ovih genotipova bio smanjen u proseku za 20% zbog nepoželjne mutacije hloroplasta, ovakvi genotipovi su našli svoje mesto na jako zakorovljenim površinama gde gajenje klasičnih sorata nije bilo ekonomski opravdano. Direktni transfer gena predstavlja potpuno novi pristup stvaranju biljaka tolerantnih na herbicide. Mnogi genotipovi su dobijeni direktnim unošenjem poželjnih stranih gena u genom biljke domaćina. Hibridizacija DNK (Southern blotting), lančana reakcija polimeraze (PCR – Polymerase Chain Reaction) uz primenu specifičnih DNK i analiza enzimske aktivnosti su opšte prihvaćene metode provere ugrađivanja stranih gena u genom ćelije domaćina.

Danas postoje genetički modifikovane biljke kukuruza, soje, pamuka, uljane repice, šećerne i stočne repe koje su tolerantne na herbicid glifosat, ali i biljke kukuruza, soje, pamuka, uljane repice, šećerne i stočne repe, paradajza i pšenice koje su tolerantne na glufosinat. Isto tako postoje hibridi suncokreta koji su tolerantni na imazamoks i imazetapir, kao i na tribenuron-metil.

Rizici vezani za gajenje genetički modifikovanih (GM) biljaka tolerantnih na herbicide nisu u potpunosti poznati i do detalja razjašnjeni. Oni mogu biti različite prirode i trajnosti. Najveći strah od GM biljaka vezan je za mogućnost **transfera gena** u divlje srodnike i **razvoj rezistentnih korova**. Zbog genetičke varijabilnosti useva i korova i hemijske varijabilnosti herbicida, mnoge pojave ne možemo generalizovati. Kao i u prethodnim slučajevima, potrebno je kod potencijalnih rizika posmatrati pojedinačno svaki slučaj (biljku, herbicid, divlje srodnike i dr.). Transfer gena iz gajene biljke tolerantne na određeni herbicid u divlje srodnike je prisutan problem. Protivnici GM biljaka najčešće su isticali ovaj problem koji naročito ima osnovu u centrima porekla gajenih biljaka. U slučaju kukuruza, rizik postoji u centralnoj Americi, a u ostalim regionima nema takav značaj. Transfer gena je moguć samo između seksualno kompatibilnih biljnih vrsta. Do sada, od 60 gajenih vrsta u svetu samo 11 nema divlje srodnike. Za dvanaest od trinaest vodećih gajenih biljnih vrsta dokazana je prirodna hibridizacija sa divljim srodnicima. Takođe, navodi se da divlji srodnik gajene biljke transferom gena može poprimiti osobine invazivne vrste. Mogućnost transfera gena odgovornog za tolerantnost/rezistentnost suncokreta na imidazolinone u divlji suncokret je već više puta potvrđena u svetu. Takođe, gen za tolerantnost pšenice na imidazolinone može se preneti u korov *Aegilops cylindrica* hibridizacijom u prirodnim uslovima.

GM biljke tolerantne na herbicide kao samonikle biljke u narednim usevima se ponašaju kao korovi i mogu steći status invazivne vrste. Takođe, postoji realna mogućnost za hibridizaciju između samoniklog useva i divljeg srodnika, kada nastaju hibridi koji takođe mogu da nose karakteristike invazivnih vrsta. Ovi rizici svakako postoje u zonama

intenzivnog gajenja GM useva, odnosno tolerantnih useva, i neki od slučajeva su već potvrđeni. Ova pojava mora se proučavati i pratiti da bi se rizik od razvoja rezistentnih korovskih populacija i njihovog širenje sveo na minimum. Suočene sa ovim problemom svetske kompanije traže rešenja i u stvaranju hibrida/sorti tolerantnih na herbicid dikambu. U ovom novom biotehnološkom poduhvatu smatra se da postoji neka vrsta sigurnosnog mehanizma, a to je gen uzet iz bakterije koji je otporan na herbicid dikambu. Kako se DNK hloroplasta nasleđuje samo po majčinskoj liniji to znači da se gen ove GM biljke neće prenositi preko polena (muških biljaka) – pa se tako stvara reproduktivna barijera (i tako sprečava stvaranje rezistentnosti korova na dikambu). Kompanija Monsanto je već zaštitila licencom „dikamba tehnologiju“ i sada radi na stvaranju useva koji su otporni na više raznih herbicida, tzv. OMICS (genomics, proteomics, metabolomics, transcriptomics, weedomics itd.) tehnologije (kombinujući gene za multiplu rezistentnost u jednoj biljci).

Istraživanja invazibilnosti zajednica imaju biološki pristup koji podrazumeva ispitivanje sastava vrsta (npr. broj parazita ili predatora) recipijentnog staništa, kao i uslova spoljašnje sredine koji datu zajednicu ili stanište čine podložnom ili otpornom na biološku invaziju. Prema dostupnoj literaturi, u Ekologiji bioloških invazija se pominje 16 hipoteza kojima se pokušava objasniti uspeh ili neuspeh invazija. One jedna drugu ne isključuju, a relativni značaj svake od njih može biti različit u različitim staništima, za različite vrste i u različitim fazama invazije. Te hipoteze su: Hipoteza biotičke otpornosti (BRH – Biotic Resistance Hypothesis) – objašnjava modele invazija, ali ne predviđa mogući uspeh invazije, odnosno ukazuje na razloge neuspešnih invazija. Koncept postojanja i zauzetosti ekoloških niša, na kome se zasniva ova hipoteza, podrazumeva da su zajednice sa većim diverzitetom manje osetljive na invaziju novim vrstama; Hipoteza promenljivosti resursa (RFH – Resource Fluctuation Hypothesis) – po kojoj promene u resursima potpomažu invazije stvarajući povoljne uslove za nove vrste, ili smanjujući potencijalnu kompeticiju sa autohtonim vrstama u određenom trenutku, tj. vremenu; Hipoteza jačeg kompetitora (SCH – Superior Competitor Hypothesis) – po kojoj može doći do uspešnog odomaćivanja invazivne vrste ukoliko ona efikasnije koristi ograničene prirodne resurse (označavaju se sa R\*) od rezidentnih vrsta, što za posledicu ima potiskivanje ili iskorenjivanje kompetitivno slabijih recipijentskih vrsta; Hipoteza oslobađanja od neprijatelja (ERH – Enemy Release Hypothesis) – se zasniva na naglom porastu brojnosti i širenju biljnih vrsta u novokolonizovanom području kao posledice smanjenja broja prirodnih neprijatelja, uključujući i herbivore; Hipoteza olakšavanja invazije (IFH – Invasional Facilitation Hypothesis) – koja, za razliku od BRH i ERH, predviđa povećanje stope invazivnosti sa protokom vremena; Razvoj povećane kompetitivne sposobnosti (EICA – Evolution of Increased Competitive Ability) – ova hipoteza predviđa da invazivna vrsta, koja je tokom dužeg vremena oslobođena prirodnih neprijatelja (iz svog nativnog okruženja), može da preusmeri resurse (koje je ranije koristila za odbranu) za rast, razmnožavanje i druge potrebe koje joj jačaju kompetitivnu sposobnost; Hipoteza univerzalnog genotipa (GPG – General-Purpose genotype Hypothesis) – odnosi se na vrste koje poseduju takve osobine koje im omogućavaju da kolonizuju veoma različita staništa (osobine kao što su prilagođenost rasta, osobine r-selekcije životnog ciklusa i tolerantnost na veoma različite uslove spoljašnje sredine); Hipoteza selekcije za invazivne sposobnosti (SIA – Selection for Invasive Ability Hypothesis) – zasniva se na činjenici da se invazivne vrste brzo adaptiraju novim uslovima sredine, ili na neki način bivaju selekcionisane antropogenim

delovanjem; Invazivnost kao hipoteza evolucione strategije (IES – Invasiveness as an Evolutionary Strategy Hypothesis) – bazira se na gledištu da postoji veći rizik od invazije onih biljnih vrsta koje su srodne sa nekom invazivnom vrstom, odnosno, da distribucija invazivnih vrsta nije filogenetski slučajna; Hipoteza zajedničkog života sa ljudima (HCH – Human Commensal Hypothesis) – po kojoj su najuspešnije invazivne vrste one čiji je opstanak „vezan za ljude“ i koje imaju koristi od antropogenog narušavanja ili drugih čovekovih aktivnosti; Hipoteza oružja za masovno uništavanje (WMD – Weapon of Mass Destruction Hypothesis), ili kako predlažu Inderjit i sar. (2005): Hipoteza manipulacije životnom sredinom (EMH – Environmental Manipulation Hypothesis) – po kojoj su invazivne vrste uspešne jer mogu da menjaju uslove u bliskom okruženju tako da odgovaraju njihovim potrebama, i to na račun autohtonih vrsta; i Hipoteza dinamike neutralne zajednice (NCD – Neutral Community Dynamics Hypothesis) – koja se može smatrati nultom hipotezom, a po kojoj ne postoji neki neposredni mehanizam invazije, osim slučajne verovatnoće, odnosno, da su ishodi interakcija između alohtonih i autohtonih vrsta toliko kompleksni da se mogu stohastički modelirati.

U istraživanjima koja se izvode sa ciljem definisanja osobina značajnih za invazivnost, jasno se izdvajaju dva pristupa: (i) istraživanja kojima je obuhvaćen veliki broj vrsta, i (ii) istraživanja srodnih vrsta u okviru jednog roda (u izvesnim slučajevima pod ovu kategoriju se podvode i tzv. konfamilijarna istraživanja, odnosno ispitivanja srodnih vrsta, različitih rodova u okviru iste familije). Poslednjih godina evidentan je porast uporednih istraživanja između dve ili više vrsta, što je rezultat efikasnije dostupnosti podataka (naročito velikim bazama podataka) i intenzivnije komunikacije među istraživačima, kao i moćnim računarskim i statističkim tehnikama koje doprinose efikasnoj manipulaciji podacima. U istraživanjima kojima je obuhvaćen veliki broj vrsta istraživačke strategije se zasnivaju na: različitim pristupima (u odnosu na areal ispitivanja), različitim poređenjima (nativne-alohtone ili alohtone-alohtone vrste), različitim obimima istraživanja (lokalno-stanište, regionalno ili kontinentalno), različitom nivou podataka, različitim parametrima (prisutnost, brojnost, frekventnost, areal rasprostranjenja, istorijat), različitim analitičkim metodama (jednostavna poređenja, filogenetske korekcije) itd.

Na osnovu velikog broja istraživanja smatra se da uspešnost invazivnosti vrste zavisi od:

- kompleksnih osobina vrste (forma rasta, životna forma, životna strategija po Grime-u, područje porekla);
- morfoloških osobina vrste (visina biljaka, masa, broj listova, morfologija lista, prostorni vegetativni rast);
- fizioloških osobina vrste (intenzitet fotosinteze i efikasnost iskorišćavanja vode, azota i fosfora, sadržaj hlorofila, azota u lišću, dugovečnost listova i potrošnja za potrebe izgradnje tkiva, specifična i ukupna lisna površina, relativna stopa rasta klijanaca);
- reproduktivnih osobina vrste (način razmnožavanja, kvalitet polena, prenosioci polena, vreme cvetanja, reproduktivna zrelost, veličina reproduktivnih organa, način širenja, oslobađanje semena, sposobnost klijanja, zasnivanje i preživljavanje klijanaca, dormantnost semena, veličina, dugovečnost i rezerve semena u zemljištu); i

- reakcija vrste na abiotске i biotske faktore (pogodnost staništa, tolerantnost na nizak sadržaj hraniva, tolerantnost na sušu i vatru, tolerantnost na ispašu (herbivore), tolerantnost na zasenjivanje).

Predviđanjem invazija i njihove uspešnosti za pojedine biljne vrste do danas su se bavili brojni istraživači, između ostalog i sa ciljem pronalaženja univerzalno primenjivog modela za njihovo predviđanje i kontrolu. Metode za procenu rizika invazivnosti su neophodne, naročito u slučajevima kada treba doneti odluku o introdukciji neke alohtone biljne vrste na novo područje. Krajem 90-tih godina XX veka nezavisno su razvijena tri skrining sistema za predviđanje invazivnosti alohtonih biljaka:

- za drvenaste invazivne vrste Severne Amerike;
- za drvenaste invazivne vrste južnoafričkih predela poznate kao „fynbos“ (karakterističan tip vegetacije samo za južni deo Afrike, koji obuhvata širok spektar biljnih vrsta, a posebno nisko drveće, šiblje i žbunove); i
- za invazivne biljne vrste Australije.

Sva tri sistema su primenljiva na veći broj taksonomskih grupa, ali su svi pretežno fokusirani na specifične ekosisteme ili geografske regione. Sva tri sistema se baziraju na različitim vrstama informacija (životni ciklus, fitogeografija, osobine staništa, istorijat korovske vrste) u cilju klasifikacije ispitivanih vrsta na one koje će verovatno biti invazivne, koje verovatno neće biti invazivne i na one koje zahtevaju dalja istraživanja. U regionima za koje su koncipirani, ovi sistemi imaju stopu uspešnosti 70-90%. S druge strane, u Evropi je razvijeno nekoliko sistema procene rizika, a najpoznatiji je Pest Risk Assessment Scheme koji koriste sve zemlje članice EPPO (Evropske i mediteranske organizacije za zaštitu bilja). Ovaj protokol se odnosi na sve štetne organizme, uključujući i korove, a na osnovu njega se vrši klasifikacija na: (i) štetne vrste, sa kojima se dalje postupa u skladu sa donetim propisima; i (ii) karantinske i štetne vrste koje mogu predstavljati rizik. Za razliku od napred navedenih skrining sistema, ova procedura, koja se zasniva na ekspertskoj proceni, ne zahteva rangiranje vrsta.

Zato je na nivou EPPO ustanovljen proces prioritizacije za invazivne biljne vrste koji ima za cilj da:

- definiše listu invazivnih vrsta koje su formirale svoje zajednice, ili potencijalno mogu da ih formiraju u EPPO regionu, i
- da determiniše, odnosno odredi koje od navedenih vrsta su od najvećeg prioriteta za procenu rizika.

Semena različitih alohtonih vrsta kontinuirano se unose u nova područja, ali samo mali broj njih je u stanju da razvije populacije na novom staništu. Neke od introdukovanih vrsta se samo privremeno održavaju u novoj sredini (efemerofite), ali ne obrazuju stabilne populacije, neke se održavaju i razmnožavaju, ali nemaju ekspanzivni karakter (naturalizovane), dok neke uspostavljaju dobru vezu sa staništem, imaju kompletan životni ciklus i uspešno se šire osvajajući velike prostore (invazivne). Nakon uspostavljanja stabilnih populacija invazivne vrste mogu da se šire ili na velike (sa ili bez čovekove pomoći) ili na male udaljenosti (disperzno i lokalno).

Prema nekim fitoekolozima širenje invazivnih biljaka se može podeliti u četiri faze:

- dospevanje invazivne vrste u novu sredinu i njeno uključivanje u novo stanište,
- formiranje postojanijih populacija čije jedinice nesmetano rastu i uspešno se razmnožavaju,
- širenje ovih populacija na nova, pogodna staništa, i
- ekspanzivno širenje vrste putem povećanja broja i veličine populacija.

Širenje invazivnih korova zavisi od različitih faktora: osobina vrste, karakteristika recipijentske vegetacije, karakteristika staništa, klime, ali i od socio-ekonomskih odnosa u recipijentskom području. **Osobine vrste** značajne za širenje invazivnih korova su: sposobnost vrste da se razmnožava semenom i vegetativno, kratak životni ciklus, sposobnost vrste da se adaptira na stresne uslove (fenotipska plastičnost) i izražena tolerantnost (plastičnost) na promenljive uslove životne sredine. Međutim, mnoge vrste se razlikuju u stepenu invazivnosti iako poseduju napred navedene osobine, dok mnoge invazivne vrste imaju samo neke od ovih osobina. Smatra se da način razmnožavanja alohtonih vrsta ima ključnu ulogu u njihovom širenju, od čega dalje zavisi njihova invazivnost. Produkcija velike količine semena i sposobnost polnog razmnožavanja se često ističu kao bitne osobine za invazivnost vrste. Širenje invazivnih vrsta ne zavisi samo od količine obrazovanog semena, već i od njegovih karakteristika. Takođe, građa semenjače može biti manje ili više prilagođena za širenje različitim agensima. Tako npr. vrsta *Erigeron canadensis* se zahvaljujući papusu prvenstveno širi vetrom. Širenje semena pomoću vetra ne zavisi samo od postojanja i građe papusa, već i od brzine i pravca vetra. Intenzivno vegetativno razmnožavanje takođe može da obezbedi uspešno širenje vrsta. Po pravilu, biljke koje se razmnožavaju vegetativno uspešnije su u invazijama od onih koje se isključivo razmnožavaju semenom. Takav je slučaj invazivne vrste *Fallopia japonica* koja se veoma agresivno širi putem rizoma, što otežava njeno suzbijanje. Ipak, mehanizam širenja jedne iste vrste na lokalnom nivou može se razlikovati od mehanizma njenog širenja na velike udaljenosti. Tako se vrsta *Spartina alterniflora* na lokalnom nivou širi pomoću rizoma, dok se na velike udaljenosti širi pomoću semena. Kad su u pitanju **karakteristike recipijentske vegetacije** smatra se da je za osetljivost biljne zajednice prema širenju invazivnih vrsta najvažnije postojanje praznih ili polupraznih ekoloških niša, zatim otpor rezidentnih vrsta ili nivo narušenosti staništa. U agrofitorozama, tip i vrsta useva imaju značajan uticaj na širenje invazivnih korova. Jedan od tipičnih primera je širenje *Ambrosia artemisiifolia* u usevu suncokreta koje se javlja kao posledica malog izbora herbicida za njeno suzbijanje usled filogenetske bliskosti sa usevom. Karakteristike staništa u kombinaciji sa drugim faktorima takođe utiču na brzinu i uspešnost širenja alohtonih vrsta. Degradirana staništa su najčešći recipijenti za alohtone invazivne vrste. Osim toga, uočeno je da su ove vrste tipične za staništa kojima je promenjena namena. Osim stanja u kome se stanište nalazi, na širenje invazivnih vrsta utiču i **ekološki uslovi staništa**. Tako se uspešno širenje *A. artemisiifolia* pripisuje njenoj izraženoj tolerantnosti na uslove staništa, uključujući sušu i salinitet zemljišta, kao i na slabu obezbeđenost zemljišta hranivima, zatim njenoj simbiozi sa arbuskularnim mikoriznim gljivama itd. **Klimatske karakteristike** takođe značajno utiču na širenje invazivnih vrsta. Naime, temperatura, padavine, koncentracija CO<sub>2</sub> u vazduhu i dostupnost hraniva u zemljištu su glavni faktori od kojih zavisi preživljavanje vrsta, pa stoga, promene ovih faktora mogu delovati stresno na ekosistem i uticati na proces bioloških invazija. Pored navedenog, **društveni i socio-ekonomski odnosi** mogu uticati na širenje invazivnih vrsta. Razvojem saobraćaja i

uspostavljanjem intenzivne robne razmene između kontinenata, nakon otkrića Amerike, širenje invazivnih organizama je intenzivirano. Značajnu ulogu u širenju invazivnih vrsta imaju i ratovi, tokom kojih vojske introdukuju razne biljne vrste kako bi prikrile vojna utvrđenja i skladišta oružja.

**Stopa širenja** (indeks širenja) invazivnih korova značajno se razlikuje između vrsta na različitim staništima i u različitim regionima i može se analizirati na osnovu razdaljina (m ili km) koje invazivne vrste prelaze u određenom vremenskom periodu ili na osnovu površina koje ove vrste zauzmu tokom širenja u određenom vremenskom periodu. Naime, komparativnom analizom podataka koji se odnose na širenje invazivnih biljnih vrsta u prostoru i vremenu, iz studija koje su rađene širom sveta za preko 100 taksona, utvrđena je prosečna stopa širenja invazivnih vrsta na lokalnom nivou od 2 do 370 m godišnje, dok je prosečna stopa širenja na velike udaljenosti najmanje duplo veća, pri čemu je najveća vrednost od 167 km godišnje zabeležena za vrstu *Wedelia trilobata* za period od 15 godina.

Uticaj invazivnih vrsta na životnu sredinu, kao i posledice koje proizilaze iz njihovog širenja, osim od udaljenosti koje ove vrste prelaze i površina koje zauzimaju, zavise i od **brzine širenja**. Po pravilu, vrste koje se sporije šire sporije ispoljavaju ekološke efekte na životnu sredinu, dok je kod onih koje se brzo šire obrnuto. Ipak, ne postoji uvek pozitivna korelacija između širenja invazivnih vrsta i uticaja koje ispoljavaju u novodospeloj sredini.

**Štete** koje nastaju kao posledica invazivnih procesa mogu se manifestovati kroz: promene u vegetaciji, promene u rezervama semena u zemljištu, promene u zemljištu, zatim kompetitivne interakcije između autohtonih i alohtonih invazivnih biljnih vrsta, alelopatске odnose i/ili promene u zemljišnoj mikroflori. Problemi od invazivnih vrsta u poljoprivredi ne moraju uvek doći do izražaja odmah nakon introdukcije alohtone vrste. Do ozbiljnih problema najčešće dolazi zbog nepreduzetih blagovremenih i adekvatnih mera suzbijanja alohtonih vrsta. Sve veći značaj, kada su u pitanju biološke invazije, pridaje se njihovom uticaju na: poljoprivredu u kontekstu gajenja genetički modifikovanih organizama (GMO), pojavu rezistentnosti invazivnih vrsta na herbicide, organsku proizvodnju i druge aktuelne teme. Važno je napomenuti da tolerantni usevi (na herbicide) i sami mogu postati invazivni usled širenja njihovih samoniklih populacija, a osim toga može se desiti da neka korovska vrsta nakon hibridizacije sa ovim biljkama postane invazivna. Naime, kao rezultat transfera gena odgovornih za tolerantnost sa ovih useva na srodne divlje i korovske vrste nastaju hibridi usev-korov, koji mogu biti znatno invazivniji i agresivniji u poređenju sa svojim divljim roditeljima.

Razvoj rezistentnosti invazivnih korovskih vrsta na herbicide može dovesti do promena u fitnessu ovih vrsta što se može dalje odraziti na njihovu biološku produkciju, širenje, kompetitivnu sposobnost i druge osobine značajne za invazivnost, kao i na mogućnosti njihovog suzbijanja.

Polazeći od svih prethodno navedenih saznanja u periodu 2007-2009. godina u okviru projekta Identifikacija i monitoring alohtonih invazivnih korova (AIKV) na području Srbije sa predlogom mera za suzbijanje (br. 401-00-16422/2007-11/29-4), koji je finansiralo Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede Republike Srbije, izvedeno je snimanje, ocena prisustva i kartiranje 19 alohtonih invazivnih korovskih vrsta na području naše zemlje. Nositelj projekta je bio Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Beogradu. U realizaciji projekta su učestvovali istraživači iz sledećih institucija: Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni

fakultet, Beograd: prof. dr Sava Vrbničanin (rukovodilac projekta), prof. dr Ibrahim Elezović, doc. dr Dragana Božić i doc. dr Katarina Jovanović-Radovanov; Institut za pesticide i zaštitu životne sredine, Beograd: akademik prof. dr Vaskrsija Janjić, dr Radmila Stanković-Kalezić, naučni saradnik, dr Ljiljana Radivojević, viši naučni saradnik, dipl. inž. Jelena Gajić Umiljendić, istraživač saradnik; Institut za zaštitu bilja i životnu sredinu, Beograd: dr Danijela Pavlović, naučni saradnik; Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad: dr Goran Malidža, viši naučni saradnik; i Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad: doc. dr Milan Gavrić.

Ocena prisustva i kvantitativne zastupljenosti (brojnost i pokrovnost) invazivnih korovskih vrsta je rađena u periodu od aprila do oktobra 2007. i 2008. godine u pojedinim tipovima useva (okopavine, strna žita, višegodišnje leguminoze, višegodišnji zasadi, strnište) i nepoljoprivrednim površinama (ruralnim i urbanim sredinama). Za osnovnu jedinicu kartiranja invazivnih korovskih vrsta na svakom području uzet je kvadrant od 100 km<sup>2</sup> Univerzalne Transferzne Merkatorove (UTM) mape Republike Srbije. U svakom (aktivnom) kvadrantu snimani su (rađena je ocena kvantitativne zastupljenosti) svi postojeći tipovi useva i nepoljoprivredne površine dva puta tokom sezone. U proseku po svakom kvadrantu urađeno je po 36 snimaka. Kartiranjem su bile obuhvaćene sledeće alohtone invazivne korovske vrste: *Abutilon theophrasti*, *Ambrosia artemisiifolia*, *Ambrosia trifida*, *Asclepias syriaca*, *Cannabis sativa*, *Conyza canadensis*, *Cuscuta* spp., *Eleusine indica*, *Helianthus tuberosus*, *Iva xanthifolia*, *Kochia scoparia*, *Orobanche cumana*, *Portulaca oleracea*, *Reynoutria japonica*, *Solidago canadensis*, *Solidago gigantea*, *Stenactys annua*, *Xanthium strumarium* i *Xanthium spinosum* (rezultati kartiranja dati su u poglavlju 5). Distribucija i kvantitativna zastupljenost je prikazana na UTM mapama (razmera 10x10 km) i za svaku vrstu, pored originalne fotografije, data je sinonimika, taksonomska pripadnost, narodna imena, ime vrste na četiri svetska jezika (engleski, nemački, francuski, ruski), Bayer kod, status vrste u odnosu na vreme introdukcije, životna forma, ekološki indeksi, florni elementi, fitogeografsko poreklo, broj hromozoma, osnovne morfološke (seme, ponik, odrasla biljka), ekološke i reproduktivne osobine vrste, prisutnost i brojnost po usevima na području Republike Srbije i predlog mera za njihovu kontrolu, odnosno suzbijanje.

Takođe, urađena je analiza prisutnosti invazivnih korovskih vrsta u zavisnosti od tipa snimane površine, nadmorske visine, životnog oblika i da li je na ocenjivanoj površini bilo ili ne primene herbicida. Ukupno je snimljeno 43796 tačaka (površina/parcela) na teritoriji Republike Srbije, a u proračun, analizu i izradu UTM karata distribucije 19 invazivnih korovskih vrsta je uključeno 41733 snimaka (neki snimci su iz objektivnih razloga odbačeni).

I na kraju, kada su u pitanju **moćnosti suzbijanja invazivnih korovskih biljaka**, kao i drugih invazivnih organizama, prevencija se često ističe kao prva i najisplativija mera zaštite od invazivnih vrsta. Međutim, nerealna su očekivanja da se proces invazije može zaustaviti samo prevencijom jer je svaka nova invazija i novi problem. Ipak, veoma dobri rezultati se postižu primenom pristupa rane detekcije prisustva invazivnih vrsta i njihove eradikacije. Odabir mera za suzbijanje, a time i troškovi, zavise od više činilaca, uključujući biološko-ekološke osobine vrste, a posebno način razmnožavanja, osetljivost na pesticide, postojanje prirodnih neprijatelja za biološku kontrolu i dr. Uprkos savremenim tendencijama usmerenim ka zaštiti životne sredine i proizvodnji zdravstveno bezbedne hrane primena

herbicida je i dalje nezaobilazna mera za suzbijanje invazivnih korova. Idući u susret savremenim tokovima, a u cilju očuvanja bioravnoteže na planeti, opšte prihvaćena strategija kontrole korova, a time i invazivnih korovskih vrsta, podrazumeva primenu integralnih mera koja se popularno može definisati kao „primena mnogo malih čekića“ (Application of many little hammers).