

Prof. dr STANKO NOVKOVIĆ
Prof. dr MIRJANA VOJINOVIC

Biljnootrovne borbene supstance

U skoro svim do sada vođenim ratovima bila je praksa, a ne samo ideja, da se u borbi primenjuju hemijska sredstva. Danas se u većini armija sveta, posebno u oružanim snagama velikih sila, pridaje izuzetan značaj razvoju i usavršavanju hemijskog oružja, jer ono svojim ubojnim karakteristikama daleko prevazilazi vatreno oružje. Lako se prostire na velikoj površini, prodire u sve vrste utvrđenja, efektivno uništava živu silu, kontaminira životnu sredinu i oštećuje materijalno-tehnička dobra. Međutim, pojam hemijskih borbenih sredstava proširen je i na sredstva čija je osnovna namena uništavanje biljnih kultura, odnosno raščišćavanje i defolijacija šuma. S obzirom na svrhu i način njihovog dejstva ta sredstva su poznata pod nazivom biljnootrovne borbene supstance. U biljnootrovne borbene supstance spadaju hemijska jedinjenja i agensi biološkog porekla koji potpuno ili delimično uništavaju biljke, sprečavaju njihov normalan razvoj i izazivaju nekontrolisani rast, defolijanciju lišća ili uvenuće stabla.

Nastanak biljnootrovnih borbenih supstanci, prvobitno je omogućen pre svega, zahvaljujući razvoju preparata za zaštitu biljnih useva od štetočina, bolesti tj. korova i nepoželjnog rastinja u poljoprivredi i šumarstvu. Otkriće novih agenasa sa biljnootrovnim karakteristikama stvorilo je uslove za suzbijanje korova, kako u ratarskim kulturama, tako i u različitim poljoprivrednim i ekološkim staništima: vinogradima, voćnjacima, livadama, pašnjacima, šumskim rasadima itd.

Masovno korišćenje biljnootrovnih supstanci kontaminira zemljište, vodu i prehrambene proizvode, a prilikom njihove upotrebe ugrožava i čoveka. To utoliko više pošto još uvek nisu definisane posledice njihove nekontrolisane i prekomerne primene, a nepoznati su i neki elementi njihove toksičnosti. Taj problem postaje daleko složeniji pri korišćenju biljnootrovnih supstanci u ratne svrhe. U tom slučaju, te supstance služe za uništavanje korisnih kultura, narušavanje ekosistema, odnosno poremećaj biocenoze, što se neminovno odražava i na radne i životne uslove stanovništva, a time i na bitne odbrambene elemente društva.

1. Podela biljnih otrova

S obzirom na vrste i posledice dejstva na biljke, u ovu grupu spadaju sledeće supstance: *herbicidi* — agensi za uništavanje korova; *defolijanti* — izazivači opadanja lišća; *fitohormoni* — stimulatori rasta; *retardanti* — inhibitori rasta; *desikatori* — izazivači uvenuća bilja; *gametocidi* — jedinjenja koja izazivaju sterilnost korova; *silvicidi* — sredstva za uništenje šumskih kompleksa; *arboricidi* — sredstva za odstranjivanje drvenastih biljaka i *sterilizanti zemljišta*.

U odnosu na selektivnost dejstava, biljni otrovi se dele na *totalne* (neselektivne) i *selektivne*.¹ Totalni biljni otrovi koriste se na određenim površinama za potpuno uništavanje vegetacije, odnosno nadzemnih delova bilja. U miru to može biti odstranjivanje travnih pokrivača pored puteva, pruga, na sportskim terenima ili močvarnim predelima. Za duže održavanje ogoljene površine, primenjuju se agensi sa većom perzistentnošću (duži vremenski period delovanja), a kada ogoljenu površinu treba brže kultivisati, koriste se agensi sa manjom perzistentnošću. Posebnu grupu totalnih biljnih otrova predstavljaju jedinjenja koja se primenjuju isključivo za uništavanje nadzemnih delova bilja, uvenuće lišća i sušenje drugih izdanaka (desikatori).

Selektivni biljni otrovi našli su najveću primenu u suzbijanju korova u domenu gajenih kultura. Pomoću njih se mogu odstraniti određene vrste rastinja koje nanose značajne štete ratarskoj proizvodnji. Njihova selektivnost se zasniva u prvom redu na fiziološkim i morfološkim razlikama između pojedinih biljaka. Poznato je da raz-

¹ M. Vujadinović, M. Vrvić, P. Papić: *Hemijski agensi protiv biljaka i njihova primena u ratne svrhe*, Hemijski pregled 1 i 2, Beograd, 1981, str. 23—31.

ličite biljne vrste imaju nejednake reakcije ćelijske protoplazme u odnosu na iste toksične materije. Isto tako, mnoge morfološke karakteristike u biljnom svetu omogućuje selektivno dejstvo pojedinih agenasa. Na primer, različita anatomska građa biljaka uslovljava veću ili manju penetraciju otrova u tkivu. Horizontalan položaj i veća dodirna površina širokolisnog drveća pristupačniji su za adsorpciju otrovnih supstanci. Na to utiče i razvojni stadijum biljke u vreme aplikacije otrova, zatim tip zemljišta, meteorološki uslovi pre i posle nanošenja preparata, količina agensa, kao i način i tehnika njegove primene.

Prema mestu delovanja na biljci biljni otrovi se svrstavaju u *kontaktne* i *translokacione*. *Kontaktne* biljni otrovi deluju pri neposrednom dodiru sa nadzemnim delovima biljke. Na taj način dolazi do lokalnih oštećenja sa delimičnim ili potpunim uništavanjem nadzemnih izdanaka. Primenom kontaktnih biljnih otrova koren obično ostaje neoštećen, te postoji mogućnost da nakon određenog vremena dođe do regeneracije nadzemnih delova biljke. Oni se odlikuju veoma malom perzistentnošću i, najčešće su neefikasni za vrste koje niču posle njihove upotrebe.

Translokacione ili *sistemske* biljne otrove, nakon aplikacije, adsorbuju biljna tkiva, a zatim se prenose sprovodnim sistemom po celoj biljci. Posledice njihove primene su potpuno uništavanje, ne samo nadzemnih već i podzemnih izdanaka biljke. Pogodni su za odstranjivanje dugogodišnjih biljaka i korova koji se razmnožavaju vegetativnim putem.

S obzirom na vreme apliciranja, biljni otrovi koji deluju preko korena, mogu se grupisati na agense koji se primenjuju pre sađenja, pre nicanja ili posle nicanja gajenih biljaka (tabela 1).² Biljni otrovi koji se adsorbuju preko korena poseduju dužu perzistentnost i deluju na biljke obično u fazi njihovog klijanja. Najčešće nisu toksične za gajenje kulture ili se pre njihovog nicanja transformišu u netoksične produkte.

Primena biljnih otrova pre setve (pre sađenja gajenih biljaka) vezana je za period obrade zemljišta. Deluju preko korena i uništavaju korov u fazi klijanja ili nicanja.

Biljni otrovi koji se koriste nakon nicanja biljnih kultura, apliciraju se tek pošto su gajene, pa i korovske biljke nikle. Otrovi te grupe obično deluju preko lišća, a ređe preko korena.

² Dr. A. Stanković: *Fitofarmacija, II deo*, Novi Sad 1972, str. 116—120.

Neselektivni (»totalni«) biljni otrovi	→ Folijarno tretiranje	→ Kontaktni biljni otrovi
		→ Translokacioni „ „
	→ Tretiranje zemljišta	→ Neperzistentni „ „
		→ Perzistentni „ „
	→ Tretiranje vode	→ Kontaktni „ „
		→ Translokacioni „ „

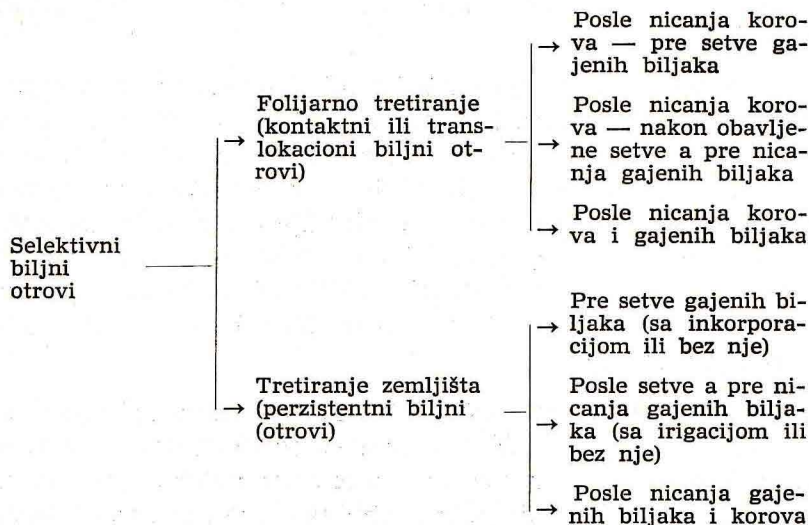


Tabela 1: Podela biljnih otrova prema selektivnosti (po A. Stankoviću)

2. Fizičko-hemijske karakteristike biljnih otrova

Poznavanje fizičko-hemijskih karakteristika biljnih otrova omogućuje praćenje njihovog ponašanja i postojanosti u različitim uslovima primene: na zemlji, vodi ili u atmosferi. U vezi sa fizičkim svojstvima posebno je značajno njihovo agregatno stanje, boja, miris, tačka topljenja i mržnjenja, zatim isparljivost, zapreminska masa i rastvorljivost supstanci.

Svaki biljni otrov ima strogo definisanu hemijsku strukturu sa određenom konfiguracijom atoma i njihovih međuatomskih veza, što omogućuje uvid u molekularnu građu i karakteristične reakcione osobine agenasa. S tog aspekta biljnootrovne borbene supstance mogu se karakterisati na osnovu njihovih fitotoksičnih dejstava.

2.1. Herbicidi

Herbicidi obuhvataju najveći broj biljnootrovnih borbenih supstanci namenjenih uništavanju različitih biljnih vrsta. U mirnodopskoj primeni služe za odstranjivanje korova, a u ratu za uništavanje šumskih kompleksa, zatim gajenih kultura: žita, suncokreta, šećerne repe, duvana, vinove loze i određenih vrsta voća (šljive) i povrća (pasulj, krompir). Predstavnici ove grupe biljnih otrova su:

2,4-dihlorfenoksi-sirćetna kiselina ili 2,4-D, gedonal. Čista supstanca je u obliku beličastih kristala slabog fenolnog mirisa. U vodi se jedva primetno rastvara, a u organskim rastvaračima znatno bolje. Posle primene, u zemljištu se razgradi za 6 do 8 nedelja. Spada u selektivne i sistemske translokacione herbicide. Proizvodi se kao natrijumova i amino so pogodna za korišćenje u vidu emulzije;

4-amino-3,5,6-trihlorpikolinska kiselina, pikloram. Čista supstanca je u obliku belog praha sa blagim mirisom na hlor. Rastvorljivost u vodi je slaba, a u organskim rastvaračima znatna. Najefikasnije dejstvo agensa postiže se u proleće i rano leto, odnosno u razvojnem stupnju drvenastih biljaka. Spada u kontaktne i sistemske herbicide. Proizvodi se u obliku koncentrovanog vodenog rastvora kalijeve ili 3-izopropilamino soli;

2-metoksi-3,6-dihlor-benzoeva kiselina, dikamba. Čista supstanca je u obliku belih kristala. U vodi se slabo rastvara, a nešto bolje u etanolu, acetonu i ksilolu. Nije pogodna za primenu na peskovitom i zemljištu sa malim sadržajem organskih materija. Natrijeva so dikamba dobro se rastvara u vodi. Spada u grupu selektivnih herbicida;

4-hidroksi-3,5-dijodo-denzonitril, joksnil. Čista supstanca je u obliku bezbojnih kristala. U vodi se slabo rastvara, a u organskim rastvaračima mnogo bolje. Najčešće se koristi u formi alkalne soli koja je rastvorljiva u vodi. Ubraja se u grupu kontaktnih herbicida;

2,4-dinitro-6-metilfenol DNOC. Čista supstanca je u obliku žutih kristala, bez posebnog mirisa. Rastvorljivost u vodi je slaba, a u organskim rastvaračima znatna. Osetljiv je na visoke temperature. Spada u kontaktne selektivne herbicide;

2-(1-metilpropil)-4,6-dinitrofenol, dinoseb. Čista supstanca je u obliku kristala žute boje, a tehnički proizvod u vidu tečnosti. Slabo se rastvara u vodi, a u organskim rastvaračima znatno bolje. Neefikasan je kod visokih temperatura (iznad 300 K) i mrazeva. Ubraja se u kontaktne selektivne herbicide;

4,6-bis-(1-metiletalamino)-2-metiltio-1,3,5-triazin, prometrin. Čista supstanca je u obliku belih kristala. Dobro se rastvara u organskim rastvaračima. Proizvodi se u obliku koncentrata za suspenzije. Efikasan je na vlažnom zemljištu, a spada u selektivne herbicide;

2,2-dihlor-natrijum-propionat, dalapon. Čista supstanca je u obliku belog praha svojstvenog mirisa. U vodi se dobro rastvara, a nije rastvorljiv u organskim rastvaračima. Spada u selektivne herbicide kontaktnog tipa. U zemljištu se sporo razlaže, pretežno pod uticajem bakterija i vodenih taloga. Do uginuća biljaka dolazi tek dve do tri nedelje nakon primene agensa;

2,2,2-trihlor-natrijum-acetat TCA. — Čista supstanca je u obliku belih kristala. Dobro se rastvara u vodi i etanolu. Resorbuje se preko korenovog sistema i translokaciono dospeva u sve delove biljke. U zemljištu se raspada pod uticajem vlage i mikroorganizama. Spada u totalne herbicide sa posebnom usmerenošću na strna žita, kukuruz i vinovu lozu.

2.2 Defolijanti

Glavna karakteristika ove grupe biljnih otrova je da nakon njihove primene dolazi do uvenuća, odnosno prevremenog opadanja lišća. Predstavnicu su:

Pentahlorfenol. Čista supstanca je u obliku bezbojnih kristala fenolnog mirisa. Poznat je kao natrijeva so pentahlorfenola, lako rastvorljiva u vodi sa nadražajem na kašalj. U zemljištu se relativno brzo razgrađuje. Spada u grupu kontaktnih biljnih otrova sa jakim fitoktoksičnim dejstvom;

3-amino-1,2,4,-triazol, amitrol. Čista supstanca je u obliku beloprozirnih kristala, bez posebnog mirisa. U vodi se dobro rastvara. Primjenjuje se u vreme intenzivne vegetacije, a resorbuje preko lisne površine. Od gajenih kultura pogodan je za defolijaciju voća i vinove loze. U zemljištu se dosta brzo razgrađuje. Ubraja se u grupu totalnih biljnih otrova translokacionog tipa;

2-hlor-4,6,-bis-etilamino-1,3,5-triazin, simazin. Čista supstanca je u obliku belih kristala. Dobro se rastvara u organskim rastvaračima, a slabo u vodi. Proizvodi se u vidu granula ili koncentrata za suspenzije. Na aridnim zemljištima na simazin su posebno osetljiva strna žita, šećerna repa, mrkva, suncokret i detelina. Pored defloracije koristi se i za sterilizaciju obradivog zemljišta. Spada u selektivne i totalne biljne otrove;

3,6-endo-oksikiklo-meksan-1,2-dikarbonska kiselina, endotal. Čista supstanca je u obliku bezbojnih kristala, u vodi je rastvorljiv, stabilan na svjetlo i više temperature. Apliciran na zemljište zahteva znatnu vlažnost tla. Proizvodi se u vidu rastvora i granula. Spada u selektivne biljne otrove.

2.3 Fitohormoni

Biljni hormoni ili stimulatori rasta su prirodni ili sintetički organski produkti u biljnim tkivima. Karakterišu se uticajnim dejstvima na rast biljaka u vidu stimulacije, inhibicije ili sterilnosti. Spadaju u grupu sistemskih biljnih otrova. Predstavnici su:

B-indol-sirćetna kiselina, auksin. Čista supstanca je u obliku belih kristala. Slabo se rastvara u vodi, benzolu i hlороformu, a dobro u etilacetatu i etanolu. Veoma je nestabilno jedinjenje, pa se češće koristi u vidu soli. Auksin izaziva poremećaj u ontogenezi biljke;

Giberlinska kiselina. Čista supstanca je u obliku belih kristala. Delimično je rastvorljiva u vodi, a znatno više u organskim rastvaračima. S obzirom na veoma složenu strukturu, jedinjenje se još uvek dobiva fermentativnom biosintezom ili kao proizvod metabolizma gljive — *fusarium monuliforme scheld.* U odnosu na gajene kulture, giberlinska kiselina ima polivalentno dejstvo: aktivira porast, ubrzava razviće, menja dužinu perioda mirovanja, izaziva obrazovanje plodova bez semenki i sl. Neotrovnja je za ljude i životinje;

6-furfuril-aminopurin, citohinin. Čista supstanca je u obliku bezbojnih kristala. Do sada nije dokazano herbicidno dejstvo citohinina. Međutim, utvrđeno je da omogućuje razmnožavanje biljnih ćelija u prisustvu indol-sirćetne kiseline.

2.4. Retardanti

Pošto inhibiraju porast biljaka, ovi agensi su antagonisti fitohormonima. Predstavnik ove grupe biljnih otrova je *2,4,5-trihlor-fenil-heksadecil-etar, fenilalkiletar.* U čistom stanju je uljasta tečnost. Dobro se rastvara u mastima. Karakteriše se brzim prodiranjem u biljna tkiva. Inhibira linearni rast stabla biljaka (patuljast rast).

2.5. Desikatori

Biljni otrovi ove grupe nakon apliciranja izazivaju uvenuće bilja. Pogodni su za uništavanje strnih žita, kukuruza, vinove loze i lucerke. Predstavnici su:

1,1-etilen-2,2'-dipiridilijum-dibromid, dikvat. Čista supstanca je u obliku kristala žute boje. Dobro se rastvara u vodi i etanolu. Stabilan je u kiseloj i neutralnoj sredini. S obzirom na katijonska svojstva, može se kod upotrebe mešati sa nejonogenim i katijonskim, ali ne i sa anojonskim rastvorima. Spada u totalne biljne otrove kontaktnog tipa. Pored desikativnog, poseduje i arboricidno dejstvo;

1,1'-dimetil-4,4'-dipiridilijum-etilenhlorid, parakvat. Čista supstanca je u obliku belih kristala. Proizvodi se u vidu koncentrata, a primenjuje kao emulzija. Niže temperature usporavaju dejstvo parakvata. U zemlji se brzo razgrađuje, kao i u alkalnoj sredini. Ubraja se u selektivne biljne otrove kontaktnog tipa;

Hidroksi-dimetil-arsin oksid, kakodilna kiselina. Čista supstanca je u obliku bezbojnih kristala, bez posebnog mirisa. Rastvorljivost u vodi je izuzetno dobra. Spada u grupu totalnih biljnih otrova.

2.6. Arboricidi

Arboricidi se karakterišu fiktotoksičnim dejstvom na drvenaste biljke. Pored uništavanja šumskih kompleksa, služe i za istrebljenje gajenih kultura kao što su voćni rasadi (šljive), vinova loza, duvan itd. Predstavnik ove grupe biljnih otrova je *2,4,5-trihlor-fenoksi-sirćetna kiselina* ili *2,4,5-T*, tormona. Čista supstanca je u obliku svetlosivog praha. Rastvorljivost u vodi je slaba, a u organskim rastvaračima dobra. Koristi se kao čista supstanca ili natrijeva so u vidu emulzija. U zemljištu se raspada 2—3 meseca posle primene. Efikasniji je od *2,4-D*.

2.7. Sterilizanti zemljišta

Predstavnici ove grupe biljnih otrova su:

N'-(4-hlorfenil)-N,N'-dimetil-karbamid, monuron. Čista supstanca je u obliku belih kristala, bez posebnog mirisa. U vodi se slabo rastvara, a isto tako i u organskim rastvaračima. Veoma je stabilan u odnosu na vlagu, slaboisparljiv, a u alkalnoj i kiseloj sredini hidrolizuje. Dejstvo na biljke je usporeno (oko 30 dana). U zemljištu dugo zadržava toksično svojstvo. Spada u selektivne biljne otrove translokacionog tipa;

5-bromo-6-metil-3-(1-metil-propil) uracil, bromacil. Čista supstanca je u obliku belih kristala, bez mirisa. Rastvorljivost u vodi je slaba, a u organskim rastvaračima dobra. Proizvodi se u vidu koncentrata za suspenzije i rastvore. Spada u totalne biljne otrove;

3-ciloheksil-5,6-trimetilen uracil, lanocil. Čista supstanca je u obliku belih kristala, bez mirisa. Slabo je rastvorljiv u organskim rastvaračima, a u vodi jedva primetno. U kiseloj sredini je stabilan. Efikasnost lanocila zavisi od vlažnosti i sastava zemljišta. U humusnom tlu doza agensa se povećava uz konstantno prisustvo vlage.

3. *Mehanizam i način dejstva biljnih otrova u biljnim tkivima*

Raznovrsnost biljnog sveta onemogućava i čini teško izvodljivim uništavanje svih biljnih vrsta na jednom prostoru i jednim biljnim otrovom. Pri tome, posebno je značajna zavisnost dejstva biljnih otrova od ekoloških uslova biljnih staništa. Ekološki činioci mogu da smanje ili povećaju njihovu efikasnost dejstva. Zbog toga, poznavanje tih činilaca, a posebno abiotičkih uslova i njihovog uticaja na primenu i delovanje biljnih otrova, omogućava da se izvrši pravilna procena i odaberu okolnosti koje omogućuju maksimalne efekte otrova.

Značajno je i apliciranje agenasa i njihovo transportovanje kroz biljna tkiva. Nezavisno od toga da li se prenose po celoj biljci ili dejstvuju na mestu dodira, ulazna vrata za sve otrove su koren, stablo i list.

Za razjašnjenje transporovanja biljnih otrova od korena do lišća biljke može poslužiti stav iz biljne fiziologije: usvajanje vode i rastvorenih materija u njoj nije samo pasivan već i biološki aktivan proces koji je povezan sa mnogim specifičnostima zavisnim od metabolizma biljke, da teče nasuprot gradijentu koncentracije i da je selektivan.³ Brzina sprovođenja vode i u njoj rastvorenih supstanci kod pojedinih biljaka je različita i, uglavnom, zavisi od širine sprovodnih sudova.⁴ Kretanje vode kroz biljku može se uporediti sa tzv. dvomotornim mehanizmom (poznatim kao gornji i donji mehanizam). Gornji mehanizam čini lišće, a donji ćelije korenovog sistema. U stvari, isparavanje preko lisnog paranhima stvara snagu usisavanja od više megapaskala zbog čega ćelije parenhima privlače vodu iz sudova kroz lisne nerve koji predstavljaju nastavak traheja i traheida stabla i korena. Na taj način voda u biljci izgleda kao da je obešena o ćelije lisnog paranhima u vidu tankih konaca koje podupiru ćelije koreno-

³ Dr M. Sarić: *Fiziologija biljaka*, Novi Sad 1971, str. 230—233.

⁴ Kod hrasta voda se sprovodi brzinom 20 do 40 m/h, kod nekih lijana i do 100 m/h, kod zeljastih biljaka oko 60 m/h, a u četinaru koji nemaju traheje već samo trahide sprovođenje vode izuzetno je sporo i ne prelazi više od 1 m/h.

vog sistema. Kontinuitet vodenih stubova održava se zahvaljujući kohezionim silama čiji se iznos kreće i do 350 megapaskala.

Neosporno je da je list najpriklaniji za penetraciju agenasa u biljna tkiva. Razloge za to treba tražiti u relativno velikoj lisnoj površini, zatim značajnim biohemijskim procesima kao što su disanje i fotosinteza koji se odvijaju u lišću, te mogućnostima vazdušne primene biljnih otrova. Međutim, nezavisno od toga, anatomska građa lista ne omogućuje potpunu adsorpciju biljnootrovnih materija i predstavlja znatnu barijeru za prodiranje agensa u unutrašnjost biljke. U tom smislu, poseban značaj ima spoljašnji kutikularni omotač lista građen od lipoidnog — besćelijskog sloja sa rastresitom epikutikularnom površinom. Polarne i nepolarne grupe kutikule lišća sa svojim hidrofilnim i hidrofobnim svojstvima mogu znatno da reduciraju prodiranje otrova. To je posebno izraženo kod tzv. listova svetlosti (listovi na vrhu i površini krune) koji su čvršće konzistencije sa znatno debljom kutikulom i epidermalnim ćelijama, razvijenijim mehaničkim elementima, te jasno izdiferenciranim lisnim parenhimom sa palisadnim tkivom, ne samo ispod gornjeg već i donjeg epidermisa. Za razliku od prethodnih, tzv. listovi senke su tanki, sa tankom kutikulom ili bez nje, bez jasno diferenciranog palisadnog tkiva, a time i sa znatno umanjanim zaštitnim svojstvima od dejstva biljnih otrova.

Primaran prolaz biljnootrovnih materija u list obavlja se preko stoma. Radi se o specijalizovanim grupama ćelija koje se mahom nalaze na donjoj strani lista. Funkcija stoma odvija se na bazi promene osmotskog pritiska pri transformaciji skrob-glukoza. Iako površina stoma ne iznosi više od 1 do 2 odsto površine lista, skoro celokupna transformacija skroba (90%) obavlja se ovim putem, što samo ukazuje i na određene mogućnosti penetracije biljnih otrova.

Danas je uglavnom poznat bitan mehanizam i način delovanja pojedinih biljnih otrova. Taj mehanizam dejstva zavisao je od grupe kojoj pripadaju pojedine vrste biljnih otrova. Neki od njih narušavaju metabolizam i promet materija u biljnom tkivu, drugi utiču na oksido-redukcione procese, treći remete biosintezu ugljenih hidrata i proteina, inaktiviraju hlorofil itd. U većini radova koji se odnose na izučavanje mehanizma dejstva biljnootrovnih borbenih supstanci ističe se poremećaj oksidativne fosforilacije, najčešće u vidu inhibicije ovog procesa, značajnog energetskog prenosioca biljnih ćelija.⁵

⁵ Takav slučaj je sa 2,4-D koji inhibira sintezu adenzintrifosfata (ATP), čime se sprečava fosforilacija duž respiratornog lanca. Poznato je da ovaj otrov posebno usporava fosforilaciju u ćelijama koje se dele i intenzivno rastu, čime se utiče i na sintezu nukleinskih kiselina.

Primenom fitohormona, mehanizam dejstva manifestuje se na prirodni ritam i rast biljaka. U biljci kontaminiranoj fitahormonima dolazi do poremećaja biohemijskih procesa sa neujednačenim funkcijama između aktivatora i inhibitora unutar ćelija i tkiva.⁶

Svrha primene steriliziranja zemljišta je potpuno uništavanje živih organizama u tlu. Sterilizacijom zemljišta za duže ili kraće vreme prekidaju se mehanizmi i hemijsko-fizički procesi neophodni za biološke sisteme. U mehanizme koje uslovljava sterilno zemljište spada sprečavanje nitrifikacije tj. transformisanje neorganskih i organskih azotnih materija u forme pogodne za ishranu biljaka. Isto tako, u zemljištu se zbog nedostatka mikroorganizama nagomilava znatna količina organskih materija, što dovodi do koncentracije toksičnih elemenata. Međutim, dosadašnja ispitivanja dejstva biljnootrovnih supstanci pokazala su da i znatno veće koncentracije od onih koje se koriste u borbene svrhe veoma brzo mogu biti razgrađene na produkte, za mikroorganizme i biljke, neotrovnog jedinjenja. Mnogobrojni mikroorganizmi tla kao što su »pseudomonas spp«, »nocardia spp«, »azotobakter spp« veoma efikasno razlažu biljnootrovne materije u kontaminiranom zemljištu.

4. Osobine i dosadašnja primena biljnootrovnih supstanci u ratu

Kao sredstva za masovno uništavanje biljaka, biljnootrovne borbene supstance su toksična jedinjenja namenjena, ne samo za istrebljenje biljaka, što im je prevashodna svrha već i za nanošenje gubitaka živoj sili ili umanjeњу njene borbene sposobnosti. S tog aspekta razvoj biljnootrovnih borbenih supstanci odvijao se u tri pravca: (1) za ogoljevanje (defolijaciju) šuma; (2) sterilizaciju zemljišta i (3) za uništavanje biljnih kultura.

Srazmerno mogućnostima defolijacije, odnosno opadanja lišća i sprečavanja dalje vegetacije, biljni otrovi su poslužili kao sredstva

⁶ Na primer: *heteroauksini* ometaju skladne odnose između organa i tkiva u biljnom organizmu, remete ontogenezu biljke, koče cvetanje i utiču na oplodnju; *auksini* narušavaju prirodni tok oksidativne fosforilacije, sprečavaju oksidaciju askorbinske kiseline u dehidroaskorbinsku, deluju na sintezu proteina i deoksiribonukleinske kiseline (DNK); dejstvo *giberlina* ogleda se u brzom linearnom rastu stabla i biosintezi hidrolitičkih amilolitičkih enzima; *retardanti* (inhibitori linearnog rasta) umanjuju izduženje internodusa — članaka stabla biljke, što dovodi do uvećanja njene čvrstoće uz karakterističan patuljast rast i smatra se da oni inhibiraju biosintezu auksina i giberlina, čime se uvećava dejstvo biljnih otrova koji usporavaju rast biljke; i *defolijanti*, poput kalcijumcijanamida remete promet vode u listu čije posledice su promene u izmeni materija i poremećaj vitalnih funkcija lista.

za demaskiranje žive sile i borbene tehnike protivnika. U stvari, time se sprečava koncentracija protivničkih snaga pod zaštitom šuma, otežane su zasede i manevri na kopnenim i vodenim putevima, uz istovremeno praćenje i otkrivanje jedinica iz vazduha i sa zemlje. Prirodno je da se primenom biljnih otrova optimalni taktički efekti mogu očekivati pri defolijaciji pošumljenih terena u neposrednoj blizini komandnih mesta, skladišta, operativnih centara, centara veza, duž značajnih saobraćajnica itd.

S obzirom na stepen toksičnosti i svojstva dejstava, sve biljnotrovne borbene supstance se ne primenjuju u istim odnosima. Radi postizanja potrebnog efekta neki agens se upotrebljava u većim, a neki u manjim količinama. Sem toga, u posebnim uslovima masa jednog biljnog otrova može znatno da se uveća. Koje će se količine koristiti zavisi od načina primene i oblika preparata. Uobičajeno je da se u ratu primenjuju znatno veće doze od onih koje se koriste u mirnodopskoj poljoprivrednoj proizvodnji. S gledišta borbene primene biljni otrovi treba da ispune sledeće uslove: da su što više toksični, odnosno efikasni pri uništavanju biljaka, da poseduju širok spektar dejstva u odnosu na različite vrste biljaka, da deluju što kraće, da imaju povoljne fizičko-hemijske osobine tj. da su postojani prema atmosferskim talozima, vazdušnom kiseoniku, sunčevoj svetlosti i višim temperaturama. Važna je i mogućnost bezbednog skladištenja, zatim otežana detekcija i dekontaminacija, kao i jednostavnost i ekonomičnost proizvodnje preparata.

Zavisno od oblika proizvedenog biljnog otrova, njegovih fizičko-hemijskih karakteristika i tehničkih rešenja, biljnotrovne borbene supstance mogu se primeniti na više načina: prskanjem, orošavanjem, zaprašivanjem i rasipanjem (granule). Prskanjem i orošavanjem stavljaju se u upotrebu tečni biljni otrovi, najčešće u vidu suspenzija, emulzija ili rastvora, pri čemu se veličina kapi kreće od 150 do 300 mikrona, odnosno od 50 do 150 mikrona (orošavanje). Praškasti biljni otrovi stavljaju se u upotrebu zaprašivanjem, a preparati u granulama rasipanjem po površini.

Za vreme upotrebe, biljnotrovne borbene supstance zahvataju veće vazdušne prostore, kontaminiraju znatne površine zemljišta, vode, prehrambenih proizvoda pa i žive sile. Svrha tih postupaka u ratu je da se najveći deo stanovništva i njegove oružane sile liše životnih izvora, čime se želi uticati na borbeni moral i svest ljudi čiji je krajnji cilj podrivanje jedinstva i smanjenje ili eliminisanje volje za otporom.

Na osnovu dosadašnjih iskustava u primeni biljnih otrova u ratu, uočeni su i određeni problemi koji se i neposredno odražavaju i utiču

na osobine pojedinih agenasa. Poznato je da se defolijacija šuma zbog višespratnog drveća može izvršiti tek nakon učestale primene biljnih otrova. Sem toga, savremena sredstva za defolijaciju ne izazivaju opadanje lišća u kratkom vremenu, zbog čega se ona ne mogu koristiti za iznenadne napade. U većini slučajeva efektna dejstva defolijantata nastaju tek posle 21, 28 ili 35 dana nakon primene, što znači da braniocu ostaje dovoljno vremena za sprovođenje zaštitnih mera: evakuacije, maskiranja ili prilagođavanje novonastaloj situaciji. Isto tako, značajni su i uslovi i način primene biljnih otrova na planiranom terenu. Vazduhoplovi koji nanose agens moraju leteti relativno nisko i smanjenom brzinom, što utiče na bezbednost primene. Prevelika suša umanjuje dejstvo bijnootrovnih borbenih supstanci, a isti je slučaj i sa visokim i niskim temperaturama. U uslovima visokih temperatura lako isparljivi otrovi se naglo šire i nestaju u atmosferi. Efekte dejstva umanjuju i jaki vetrovi, snažni vodeni talozi i drugi nepogodni meteorološki činioci.

Od poznatijih biljnootrovnih borbenih supstanci, u ratu su korišćeni: 2,4-D, 2,4,5-T, pikloram, kakodilna kiselina, bromacil, monuron i giberlini, a u literaturi se pominju i neki drugi. Za vreme drugog svetskog rata primenjen je 2,4-D. Da bi se izbegao nepovoljan uticaj kiše i ostalih padavina na njegovo zadržavanje u zemljištu i povećali efekti dejstva, korišćen je u smeši sa drugim. Preparate na bazi 2,4,5-T prvi put su upotrebile britanske oružane snage na Malaji (1940—50). U vijetnamskom ratu korišćen je pikloram (1963) i kakodilna kiselina za uništavanje pirinčanih polja i bromacil i monuron za sterilizaciju zemljišta sa efektima dejstva od 1 do 2 godine. Najpoznatije smese biljnootrovnih borbenih supstanci primenjivane u vijetnamskom ratu prikazane su u tabeli 2.

Najviše je korišćena narandžasta smeša. Samo u 1969. godini u borbene svrhe utrošeno je 7.920.000 kg ovog preparata. Ako se pri tome ima u vidu da je od ukupno pošumljene površine Južnog Vijetnama (1/3), biljnim otrovima obuhvaćeno 16 odsto, mogućnosti uništavanja biljnih vrsta bile su izuzetno velike.⁷

⁷ Prema podacima, samo u periodu avgust-septembar 1966. godine u demilitarizovanoj zoni Vijetnama biljnim otrovima je opustošen pojas dužine 70 i širine 10 km. Od 1962. do 1969. godine vazdušnim putem kontaminirano je 20.182 km² pošumljene i 2.154 km² površine ratarskih kultura. Istovremeno, zatrovano je preko 1.536.016 ljudi od kojih 1.622 smrtna slučaja (tabela 3). Najveće štete pretrpela je vegetacija. Uništene su čitave plantaže kaučukovca (više od 40 hiljada ha). Najintenzivnija primena biljnih otrova bila je na šumama mangrova u zoni »Rung suta« u tzv. ratnim zonama »C« i »D« na površini od 920 km², odnosno 1.920 km². Neke od ovih teritorija kontaminirane su 2 do 4 puta, nakon čega su čitavi kompleksi šuma bili ogoljeni više godina.

Naziv smeše	Sastav	Primena (kg/ha)	Efekti dejstva
Narandžasta smeša	50% n-butil-estar-2,4-D i 50% n-butil-estar-2,4-T	30,6 2,3	Lišće opada za 3—6 ne- delja, a obnavlja se po- sle 7—12 meseci
Purpurna smeša	50% N-butil-estar-2,4-D 30% n-butil-estar-2,4-T i 20% izo-butil-estar-2,4,5-T		Promene na lišću nas- taju za 2 dana, lišće opada od 1—6 nedelja, a sterilnost zemljišta traje 1—5 nedelja. Slu- ži i kao zamena naran- džaste smeše
Plava smeša	4,8% rastvor kakodilne kise- line i 28% rastvor njene Na- soli u vodi		Doza od 10 dm ³ po hek- taru uništava pirinač za 2—4 dana
Bela smeša	80 tri-izo-propil-NH ₄ so-2,4- -D i 20% tri-izo-propil-NH ₄ so piklorama		Korišćena kao zamena za narandžastu smešu
Bela smeša	80% Na-kakodilat i 20% tri- -izo-propil-NH ₄ -so piklorama 10,6		Brza defolijacija sa kratkotrajnim dejst- vom. Pogodna za uniš- tavanje trave i pirinča

Tabela 2: Smeše biljnootrovnih borbenih supstanci primenjene u ratu u Južnom Vijetnamu

Godina primene	Zahvaćena površina u km ²	Broj otrovanih	Broj umrlih
1961.	0	180	—
1962.	110	1.120	38
1963.	3.200	9.000	80
1964.	5.002	11.000	120
1965.	7.000	146.240	351
1966.	8.765	258.000	—
1967.	9.033	279.700	233
1968.	9.893	302.890	—
1969.	10.810	342.886	500
1970.	4.150	185.000	300

Tabela 3: Površina Južnog Vijetnama koja je kontaminirana biljnim otro-
vima i broj otrovanih i umrlih lica nakon njihove primene

Posle primene 2,4-D i 2,4,5-T šuma mangrova ostala je bez lišća u roku od 7 dana. Nipa palme postale su žute, da bi nakon pet nedelja sa njih nestalo 95 odsto lišća, što je prema armijskim ispitivanjima povećalo vidljivost na terenu za 90 odsto. Velike štete nanese su

i domaćim kulturama. Pored pirinča, najosetljiviji usevi na dejstvo biljnih otrova bili su: pasulj, buranija, spanać, kokosov orah, lubenice, kupus i paradajz sa štetama od 40 do 60 odsto.

Uništavanje šumskih kompleksa i useva dovelo je do smanjenja broja i izmene sastava faune. Nestale su insektivorne ptice. Sem slavuja, koji se doseljavaju sa severa, jedini kičmenjak koji je primećen na tom području bio je krokodil. Ginule su i domaće životinje, a utvrđen je i veliki pomor riba i pčela.

Izmenjeni ekološki uslovi uticali su i na razmnožavanje štetočina: štakora, insekata itd, što je omogućilo širenje teških tropskih oboljenja. Sve je to imalo i duboke socijalne posledice. U Južnom Vijetnamu došlo je do masovne migracije stanovništva. Mutagene, teratogene i karcenogene posledice primene biljnootrovnih supstanci koje su utvrđene na ljudima, samo ukazuju na delikatnost njihovog korišćenja u savremenim ratnim sukobima.

5. Toksikologija biljnootrovnih borbenih supstanci

Postojanje brojnih biljnootrovnih borbenih supstanci koje su po svom hemijskom sastavu veoma raznorodne otežava njihovu detekciju u životnoj sredini čoveka, gde one posle primene dospevaju. To je od velike važnosti, zbog mogućnosti intoksikacije ljudi, pa i domaćih životinja. Može se pretpostaviti da je trovanje najizraženije neposredno nakon primene biljnih otrova kada se postiže njegova maksimalna koncentracija. Imajući u vidu relativno slabu isparljivost biljnootrovnih supstanci, njihovo dejstvo na ljude zavisilo bi, u prvom redu, od stepena korišćenja kontaminirane hrane, vode, odnosno kontaminiranih predmeta uopšte. Problem trovanja postaje kompleksniji ako se zna da različiti procesi metabolizma biljnih otrova dovode do većeg broja metabolita sa različitim toksikološkim i drugim karakteristikama.

U najopštijem smislu, pod trovanjem ili intoksikacijom smatra se poremećaj funkcije organizma pod uticajem otrovnih materija, što narušava zdravlje ili izaziva smrt čoveka. U kliničkom smislu, u procesu trovanja razlikuju se tri osnovne faze: latentni period, period toksičkog delovanja i period ozdravljenja ili faza otkazivanja pojedinih funkcija organizma.⁸

⁸ V. Vojvodić: *Toksikologija bojnih otrova*, VIZ Beograd, 1981. str. 32.

Kada su u pitanju biljni otrovi, pojam otrova može imati šire značenje. Na primer, neka supstanca ne mora se smatrati otrovom pri prvom kontaktu sa čovekom, ali dužim i učestalim unošenjem u organizam ona poprima sva svojstva otrova. Da bi se na određen način predstavio stepen toksičnosti biljnih otrova, uveden je pojam doze. Doza je količina, odnosno masa neke supstance koja je neophodna da bi se pri unošenju izazvali određeni efekti u organizmu.

U toksikologiji biljnootrovnih borbenih supstanci posebno je značajna simptomatologija i način trovanja čoveka pri kontaktu sa pojedinim agensima, što je specifično za svaku vrstu biljnih otrova.⁹

Trovanje čoveka 2,4-D *gedonalom* nastaje posle oralne doze koja se najverovatnije kreće između 3 i 4 grama. Interavenozna masa od 2 g ne daje karakteristične simptome trovanja, dok nakon doze od 3,6 g, unete na isti način, dolazi do kome, fibrilacija i grčeva nekih mišićnih grupa, zatim do hiporefleksije i inkontinencije urina. Veći deo simptoma posle 24 časa nestaje, da bi nakon 48 časova došlo do potpunog oporavka. Zapaženi su i slučajevi samoubistava, koji su se letalno završili kada je konzumirana masa isnosila 6 g. Smrtnom ishodu prethode intervali konvulzije i povraćanja. Najveća masa otrova konstatovana je u sadržaju želuca i krvi intoksikiranih.

Podaci o trovanju 2,4,5-T *tormanom* su nepotpuni. Najverovatnije je da posle unošenja u organizam ove supstance nastaje opšta slabost na mišićima za žvakanje i gutanje, a kod ekstremno teških intoksikacija nastaje fibrilacija srčanih komora, usporavanje rada srca i smrt. Kod osoba koje se neprekidno eksponiraju primećeni su: dermatitis, birzutizam i lučenje porfirina u mokraći. Glavni putevi kontaminacije fenoksi-sirćetnom kiselinom su oralni i inhalacioni, dok kontaminacije preko kože izazivaju alergične pojave koje se završavaju dermatozama.

Terapija. Prva pomoć kod trovanja 2,4-D i 2,4,5-T sastoji se u ispiranju želuca, izazivanju povraćanja i davanju aktivnog uglja. Osmotskom diureazom moguće je ubrzano izlučivanje ovih otrova putem mokraće, a daje se i antiaritmika (kindin-sulfat, 200 mg i.m. na 6 časova). Potrebna je stalna kontrola pacijenta, posebno u odnosu na rad srca, bubrega i stanje elektrolita.

Intoksikacija *derivatom dipiridila* nastaje posle peroralne, perkutane ili inhalacione ekspozicije. Njegovo delovanje se zasniva na inhibiciji fotofosforilacije. Trovanje nerazređenim preparatom odvija se u tri faze. Posle inicijalnog perioda koji se manifestuje lokalnim

⁹ Dr R. Šovljanski: *Pesticidi, simptomatologija i terapija trovanja*, Novi Sad 1976, str. 29—43.

ojedinama i gastrointestinalnim nadražajima, sledi latentni interval — bez simptoma koji može da traje nekoliko dana. Zatim dolazi do pravog trovanja koje karakteriše hepatoralni sindrom i karakteristični plućni proces, koji počinje kao plućni edem, a završava se u vidu progredijentne plućne fibroze. Lokalni znaci trovanja izražavaju se u nadražaju kože, sluzokože i pojave dermatita. U težim slučajevima nastaju ulceracije sluzokože usta, ezofagusa i želuca. Peroralno unet, otrov izaziva gastrointestinalne smetnje sa kolikama i hemoralgičnim dijarejama. Pojavljuje se i glavobolja, bol očiju i vrtoglavica. Nastaju bolovi pri gutanju, zatim slabost mišića, povišena temperatura uz oštećenje jetre i bubrega. Pri inhalaciji otrova nastaje nadražaj disajnih organa i krvarenje iz nosa. Smrt nastupa usled respiratorne isuficijencije. Klinički, parakvat i dikvat mogu se konstatovati u mokraći i krvi.

Terapija. Zbog nedostatka specifičnog antidota, ishod trovanja zavisi od brze eliminacije otrova. Potrebno je hitno ispiranje želuca medicinskim ugljem, natrijum-sulfatom ili bentonitom, zatim forsirana diureza uz održavanje kiselosti mokraće sa arginin-hidrohloridom (ispod pH 7). Neophodna je stalna kontrola funkcije bubrega i jetre, kao i gasna analiza i rendgenografija pluća.

Nitroderivati fenola deluju peroralno, inhalaciono i preko kože. Ovi otrovi se sporo razgrađuju i pokazuju kumulativno svojstvo. Kod ljudi trovanih na primer DNOC, agens iščezava iz krvi nakon 38 dana. Međutim, povišena spoljna temperatura pojačava dejstvo ovih jedinjenja. Nitrojedinjenja su metabolični otrovi. Remete metabolizam ugljenih hidrata, inhibiraju sintezu adenozintrifosfata, čime se blokira oksidativna fosforilacija i ubrzava metabolizam. Posle latentnog perioda od nekoliko časova, znaci trovanja izražavaju se jakim znojenjem, crvenilom lica i pojačanom žeđu. Nakon toga nastaje tahikardija, nemir i strah, zatim porast temperature (313 K), vrtoglavica, povraćanje i kolike creva. Trovanje preko kože manifestuje se: umorom, glavoboljom, osećajem toplote, vegetativnom labilnošću, gubitkom apetita, gubitkom težine, cijanozom, pri čemu su konjunktive očiju, koža, kosa, nokti i mokraća najčešće obojeni žuto. Hronično trovanje, zbog povišenog metabolizma, dovodi do jakog mršavljenja, degenerativnih promena na srčanom mišiću, jetri i bubrezima. Karakterističan je takođe usporen rad srca, pad krvnog pritiska, znojenje i gubitak apetita. Kod trovanja sa DNOC moguće je poremećaj gutanja i bolus smrt.

Terapija. Praktikuje se ispiranje želuca 5%-nim vodenim rastvorom natrijum-hidrokarbonata uz naknadno davanje natrijum-sulfata

(30 g/0,5 l vode). Sem toga, primenjuju se ledene kupke, hladni oblozi, hladni napici i dijeta bez masti. Kod subcutanih i hroničnih trovanja koristi se infuzija 5%-ne glukoze, zatim sedativi, hladne kupke, metil i propil-uracil, te vitamin (A (3×6 mg i.m.)).

Pentahlorfenol deluje peroralno, perkutano i inhalaciono. Spada u metabolične otrove sa karakterističnim narušavanjem oksidativne fosforilacije. Lokalno apliciran, uzrokuje upalu kože sa aknama i furunkulima, kao i nadražaj disajnih puteva i očiju. Posle oralnog unošenja dolazi do gastrointestinalnih smetnji sa solivacijom, gubitkom apetita, pojavom žeđi, glavobolje, dispenije i znojenja. Dalji tok bolesti karakteriše se povišenom temperaturom i groznicom, ubrzanim disanjem, slabošću mišića i komom. Smrt nastaje u roku od 24 časa, najčešće zbog disajnog ili kardijalnog aresta. Kod hroničnih slučajeva, pored tipičnih kožnih manifestacija, nastaje zapaljenje gornjeg dela respiratornih organa, klonulost, mršavljenje, znojenje i parastezije.

Terapija. Ispiranje želuca obolelog medicinskim ugljem i 1%-nim rastvorom kolijumpermanganata, zatim davanje natrijumsulfata (25 g) i kiseonika. Primenuje se i veštačko disanje, dijeta sa ugljenim hidratima bez masti, zaštita jetre i bubrega, kao i infuzije glukoze i natrijumhlorida.

Hlorovane karbonske kiseline obično se unose peroralno, ređe preko kože ili inhalaciono. Posle latentnog perioda od nekoliko sati ili dana pojavljuju se gastrointestinalne smetnje i bolna periferna nervna oštećenja i miotonija. Dalje trovanje manifestuje se glavoboljom, vrtoglavicom, gubitkom apetita, a može doći do parastezije, trzaja mišića, ataksije, gluvoće, pareze ekstremiteta, oštećenja jetre i bubrega. U težim slučajevima dolazi do gubitka svesti i srčanog aresta.

Terapija. Medicinski ugalj, *parafinum liquidum* i kontrola rada jetre i bubrega.

6. Načini i sredstva primene biljnootrovnih borbenih supstanci u ratu

Još u toku drugog svetskog rata postojao je veliki interes za ogoljavanjem nekih površina koje su predstavljale značajne maske i snažna uporišta obrasla vegetacijom. Oružje koje je do tada primenjivano bili su uglavnom jaki eksplozivi, bez većih efekata na široj operativnoj teritoriji. Namera oružanih snaga SAD da početkom

1945. godine primene neke od defolijanata na ostrvima na Pacifiku, sprečena je upravo tada završenim ratom. Borbe koje su do nje vođene u Vijetnamu bile su u mnogo čemu karakteristične. Isprobavano je najrazličitije naoružanje, uključujući i biljnootrovne borbene supstance. Za oružane snage SAD i njihove saveznike jedan od nerešivih taktičkih problema bio je kako otkriti borbe Vijetkonga kojima su, pored ostalog, šume i vegetacija pružale izvanredne uslove maskiranja. Da bi se razrešio taj problem razrađena je taktika primene biljnih otrova u više udarnih pravaca. Ona se sastojala u defolijaciji u okolini savezničkih utvrđenja sa mogućnošću permanentnog izviđanja kako bi se izbegli iznenadni napadi gerilskih snaga, defolijaciji na komunikacijskim linijama, posebno na mestima gde su se mogle nalaziti zasede i eventualni centri Vijetkonga što je povećalo vidljivost terena i stvaralo uslove dobrog osmatranja iz vazduha, a sem retkih izuzetaka ti predeli bili su bezbedni za američke trupe. Zatim, uništavanjem biljnih kultura, snage Vijetkonga primorane su da deo sastava odvajaju za zaštitu i proizvodnju hrane. Najbitnija taktička svojstva primene biljnih otrova u Vijetnamu ogledala su se u uvećanoj vertikalnoj vidljivosti koja se kretala i do 60 i 90 odsto, dok je povećanje horizontalne vidljivosti bilo nešto manje.

Pomenuta iskustva iz vijetnamskog rata upućuju da je glavna svrha primene biljnih otrova uništavanje poljoprivrednih kultura koje služe za ishranu stanovništva, oružanih snaga i domaćih životinja, zatim, onemogućavanje maskiranja protivnika, sprečavanje iznenađenja i otežavanje manevara protivničke strane. Uopšteno gledajući, da bi se postigli željeni efekti primenom biljnih otrova u borbene svrhe, potrebni su određeni uslovi koji će omogućiti optimalno dejstvo kontaminanata. Treba posedovati skice terena na kome se želi primeniti agens, opis predela, koordinate i dimenzije područja, te opis vegetacije. Isto tako, treba znati vrstu gajenih kultura, stepen rasta i zrelosti, zatim način primene preparata, vremenske uslove, vrstu i količinu biljnog otrova koji se želi koristiti. Od značaja su i položaj i namena snaga na određenom području i u njegovoj okolini.

U načelu, biljni otrovi se mogu primeniti istim sredstvima kojima se lansiraju i bojni otrovi. To mogu biti balističke i vođene rakete, hemijske mine i granate, avionske hemijske bombe i najrazličitije naprave za dejstva iz vazduha i sa zemlje. Razumljivo je da se odabiraju ona sredstva koja će imati najefektnije učinke. Kao lani obično se koriste avioni i helikopteri velike nosivosti, sa posebnim rezervoarima za smeštaj otrova čija se zapremina kreće i do 40.000

litara. Biljni otrov se obično nanosi pri niskom letu vazduhoplova (oko 50 m), čija brzina ne prelazi više od 200 km/h. Uređaj za disperziju kontaminanta omogućuje uglavnom veoma brzo pražnjenje rezervoara, što je sa bezbednosnog aspekta izuzetno značajno. Broj aviona u jednom naletu kreće se od 2 do 18 zavisno od oblika i veličine predela koji se želi pokriti. Obično dejstvuju 2 do 3 transportna aviona u pratnji lovaca kojima su prethodili izviđački letovi. Prednosti avionske primene biljnih otrova su: velika nosivost, mogućnosti nanošenja na velikoj površini, veća brzina (preko 200 km/h) i radijus dejstava, a samim tim i velika udaljenost od mesta primene. Nedostaci upotrebe biljnih otrova iz aviona i helikoptera su: zavisnost od meteoroloških uslova, mala visina leta (oko 50 m) i nedovoljna brzina (ispod 200 km/h), čime se povećava osetljivost na vatru artiljerijsko-raketnih jedinica PVO i teže se postiže i iznenađenje. Pri tom treba imati na umu da veličina terena koji jedan avion ili helikopter može prekriti jednim letom zavisi od brzine i visine leta, pravca i brzine strujanja vazdušnog sloja i ponete mase otrova. Ako je brzina i visina leta veća biće veća i površina obuhvaćenog terena uz manji utrošak agensa po jedinici površine.

7. Zaštita od dejstva biljnootrovnih borbenih supstanci

Kada i gde će eventualni agresor primeniti određene biljnootrovne borbenne supstance, posebno kada su u pitanju strateški važne kulture, nemoguće je predvideti. Međutim, s obzirom na to da bi cilj bio nanošenje najveće štete, može se pretpostaviti da će ih neprijatelj upotrebiti u najpogodnije vreme u odnosu na moguća dejstva na biljke i na što većim setvenim površinama.

Da bi se u tim okolnostima gubici od primene biljnih otrova sveli na najmanju moguću meru, glavni zadatak je pravovremeno otkrivanje napada, što bi omogućilo da se oni koji se nalaze na pravcu udara pravovremeno upozore na opasnost, da se pripremi detekcija i identifikacija agenasa i kontroliše stepen kontaminacije.

7.1. Detekcija i identifikacija

Postojanje brojnih biljnih otrova koji po hemijskim karakteristikama pripadaju različitim grupama jedinjenja znatno otežava njihovu detekciju i identifikaciju u životnoj sredini. Biljni otrovi upo-

trebljeni kao emulzije i suspenzije u vidu aerosola, najčešće su bez posebnog mirisa i boje, a i sredstva primene do te mere su usavršena da ne omogućuju otkrivanje agenasa pomoću čula, karakterističnih eksplozija ili izgleda raspršenih kapljica.

Kao najsigurniji laboratorijski postupci za identifikaciju biljnih otrova su gasno-tečne hromatografske i tankoslojne hromatografske analize. Velikom sposobnošću razdvajanja, selektivnošću i brzinom izvođenja, ove metode imaju znatnu prednost nad klasičnim apsorpcionim, spektrofotometrijskim, polarografskim i drugima koje se uobičajeno koriste pri radu. Kako su biljni otrovi različitog hemijskog sastava, polarnosti i rastvorljivosti, postupak ekstrakcije, prečišćavanja i dokazivanja je različit za pojedine vrste agenasa. Metode određivanja prilagođene su supstratu iz koga se otrov izdvaja. Isto tako, primenjeni postupak zavisi od toga da li se identifikuje jedan otrov, grupa jedinjenja ili se koristi multirezidualni način određivanja.

Detekcija biljnih otrova je izuzetno složen i veoma odgovoran posao koji uključuje, pored svesnosti, i preciznost. Sve hemikalije, laboratorijsko suđe i reagensi moraju biti besprekorno čisti, pošto i najmanja nečistoća može uticati na rezultat. Posebno je značajno uzimanje, pripremanje i čuvanje uzoraka, odnosno ekstrakata, zatim prečišćavanje ekstrakata, dokazivanje, priprema standardnih kriva, efikasnost postupka i pravilno interpretiranje dobivenih rezultata. Za uzimanje uzoraka za određivanje biljnih otrova preporučuju se standardni iznosi: za vodu 50 do 500 cm³, zemlju 10 do 100 g i životne namirnice 10 do 250 g. Idealno izvođenje analize pretpostavlja da se ona izvrši za nekoliko časova od uzimanja materijala.

Na hromatografiji sa tankim slojem razrađene su metode za detekciju sledećih biljnih otrova:¹⁰ organohlorovani herbicidi (2,4-D; 2,4,5-A; dalapon; dinoseb); triazinski herbicidi; karbamati, derivati fenil-uree i uracil; i dipiridili (dikvat i parakvat).

7.2. Dekontaminacija i zaštita

Uspešna zaštita gajenih biljaka od dejstva biljnih otrova kada su oni primenjeni, praktično je teško ostvarljiva. Kada bi se i preduzele određene mere bilo bi to veoma složeno i skupo. Da bi se sprečilo dejstvo otrovnih agenasa na bilje, trebalo bi veoma brzo

¹⁰ Dr R. Šovljanski: *Hemijsko određivanje ostataka pesticida u vodi i životnim namirnicama*, Savetovanje o zaštiti životnih namirnica od NHB sredstava, Novi Sad 1981, str. 2—13.

onemogućiti njihovu adsorpciju u biljna tkiva. Svakako da je to nemoguće sprovesti s obzirom na veliki broj biljaka i njihovu ogromnu lisnu površinu. A kada bi se to pokušalo učiniti, saprani molekuli otrova našli bi se u zemljištu otkuda bi adsorpcijom korenovog sistema ponovo dospeli u biljke. Međutim, nezavisno od tih okolnosti, moguće je preduzeti razne mere radi umanjavanja dejstva, odnosno ublažavanja posledica primene biljnootrovnih supstanci. Na primer, na zemljištu na kome je došlo do potpunog uništavanja biljaka posle upotrebe biljnih otrova mogu se nakon kraćeg vremena zasejati kulture otporne na primenjeni agens. Na istoj površini moguće je gajiti različite biljke koje se međusobno razlikuju po vremenu setve, sazrevanju i otpornosti na dejstvo biljnih otrova. Kod gajenih vrsta treba odabrati one biljke čiji se plodovi koriste u različitom stanju zrelosti, dajući prednost korenasto-krtolastim kulturama sa izdancima u dubljim slojevima tla. U ratu treba gajiti biljke u skrovitim i zatvorenim prostorima (na primer, jestive gljive u podrumima, jamama i pećinama) zatim, brzo izvoditi berbu pri sazrevanju useva i njihovu zaštitu u namenskim skladištima.

S obzirom na slabu isparljivost biljnih otrova, njihovo dejstvo na ljude i domaće životinje zavisilo bi, uglavnom, od stepena upotrebe kontaminirane hrane, vode i od neposrednog dodira sa kontaminiranim predmetima.¹¹ Kada su u pitanju kontaminirane već proizvedene životne namirnice, postoje načini da se one dovedu u upotrebljivo stanje. Tehnološkom obradom i pripremom hrane kao što je blanširanje, pranje, pasterizacija i kuvanje, mogu se sasvim smanjiti ili potpuno odstraniti ostaci biljnih otrova. Kuvanje je posebno značajno za dekontaminaciju namirnica animalnog porekla (meso, mleko i sl.). Biljnootrovne materije na površini voća i povrća uklanjaju se skidanjem i odbacivanjem površinskog sloja. Odlaganjem korišćenja kontaminiranih namirnica, omogućava se za kratko vreme razgrađivanje biljnih otrova na netoksična jedinjenja. Postupkom razblaživanja hrane (mešanjem kontaminiranih i nekontaminiranih proizvoda) smanjuje se koncentracija agensa, a hrana postaje upotrebljiva. Ako postoji sumnja ili se ne zna da li je agresor upotrebio biljne otrove radi kontaminacije životnih namirnica, neophodno je što manje koristiti svežu hranu i vodu, uz prethodnu obradu i kuhanje. Međutim, zaštitu namirnica otežava to što je veoma teško pa skoro i nemoguće, zaštititi hranu u procesu agro i zootehničke proizvodnje. Radi se o odbrani i zaštiti velikih prostora gde su teško sprovodljive,

¹¹ Dr V. Janjić: *O ishrani stanovništva i mogućnostima upotrebe herbicida u eventualnom ratu*, Vojno delo, Beograd 1976, br. 4, str. 71.

» obzirom na planove proizvodnje, i neke od navedenih preventivnih mera zaštite. Teškoće se mogu javiti i u velikim proizvođačkim i prerađivačkim kompleksima, posebno kod nedovoljno zaštićenih objekata, prilikom transporta ili distribucije namirnica.

Neposredna zaštita ljudi od biljnih otrova mnogo je jednostavnija od zaštite od bojnih otrova. Ne samo zbog toga što su biljnootrovne borbenne supstance prvenstveno namenjene za dejstvo protiv biljaka već i zbog toga što su manje specifične, pa i manje toksične od poznatih bojnih otrova koji su direktno usmereni na ljudski organizam. Zbog toga, sredstva namenjena za ličnu i kolektivnu zaštitu od klasičnog hemijskog naoružanja, mogu poslužiti i za zaštitu od dejstva biljnih otrova. Neposredno posle primene, koncentracija biljnootrovnih borbenih supstanci najveća je u vazduhu, što znači da je veoma važna primarna zaštita organa za disanje i otkrivenih delova tela. Nakon taloženja agenasa na tlu opasnost za ljude daleko je manja, a do intoksikacije može doći samo u slučaju direktnog kontaminiranja hrane, vode ili korišćenjem kontaminiranih predmeta. U slučaju kontaminacije tela i perkutanih intoksikacija skida se odeća i sapira mlazevima vode. Usta, nos, oči i grlo ispiraju se rastvorom soda bikarbonate. U slučaju perioralnih intoksikacija, bitno je izazvati povraćanje kako bi se najveća masa neresorbovanog otrova odstranila iz organizma. Sem toga, značajno je i korišćenje specifičnih protivotrova u vidu antidota, uključujući i potrebno lečenje u medicinskim institucijama.

S obzirom na sve okolnosti koje mogu uslediti u primeni biljnih otrova u ratu i moguće kontaminacije životne sredine, nameće se potreba svestranijeg organizovanja i sveobuhvatnijih priprema u zaštiti od dejstva biljnootrovnih borbenih supstanci. S tim u vezi posebno je značajno sledeće: planska obuka kadrova za rad i postupke u mogućoj upotrebi biljnih otrova (dekontaminacija, detekcija i identifikacija agenasa); obuka zdravstvenog osoblja za prevencije i terapiju intoksikiranih; pomoć privrednim i poljoprivrednim strukturama u pripremnim aktivnostima i veće angažovanje društveno-političkih zajednica, naučnih i stručnih ustanova u iznalaženju najefikasnijih zaštitnih mera.