

UNIVERZA V MARIBORU  
FAKULTETA ZA KMETIJSTVO

Aleš KOLMANIČ

VPLIV FORMULACIJE HERBICIDOV NA PODLAGI  
GLIFOSATA NA UČINKOVITOST DELOVANJA NA  
NJIVSKI SLAK (*Convolvulus arvensis* L.)

DIPLOMSKO DELO

MARIBOR, 2008

UNIVERZA V MARIBORU  
FAKULTETA ZA KMETIJSTVO  
Kmetijstvo

Aleš KOLMANIČ

VPLIV FORMULACIJE HERBICIDOV NA PODLAGI  
GLIFOSATA NA UČINKOVITOST DELOVANJA NA  
NJIVSKI SLAK (*Convolvulus arvensis* L.)

DIPLOMSKO DELO

MARIBOR, 2008

## **POPRAVKI**

## **MENTORSTVO**

Diplomsko delo je zaključek univerzitetnega študijskega programa Kmetijstvo.

Opravljeno je bilo pod mentorstvomizr. prof. dr. Mario Lešnika.

Komisija za zagovor:

Predsednik: **Redni prof. dr. Škorjanc Dejan**

Mentor: **Izr. prof. dr. Lešnik Mario**

Član: **Izr. prof. dr. Kramberger Branko**

Datum zagovora: 16. 06. 2008

Diplomsko delo je rezultat lastnega raziskovalnega dela.

Kolmanič Aleš



**VPLIV FORMULACIJE HERBICIDOV NA PODLAGI GLIFOSATA NA UČINKOVITOST DELOVANJA NA NJIVSKI SLAK (*Convolvulus arvensis* L.)****UDK:** 632.954:632.51(043.2)=863

V lončnem poskusu smo preučevali učinkovitost različnih formulacij glifosatnih pripravkov za zatiranje njivskega slaka (*Convolvulus arvensis* L.). Formulacije glifosatnih herbicidov, ki so vsebovale glicerin (GL), etoksilirane alkohole (EA), alkilpoliglikozide (AG) in amonijev sulfat (AS) v različnih razmerjih, smo aplicirali s posebno škropilnico pri porabi 250 l škropilne brozge na hektar. Učinkovitost herbicidov smo ugotavljali vizualno po treh tednih in 6 mesecih od aplikacije, ko smo opravili tudi analizo podzemne in nadzemne mase rastlin slaka, ki so preživele tretiranje. Najvišjo učinkovitost po treh tednih je dosegla formulacija z visokim deležem EA ali formulacije z enakim deležem EA in EG, največjo učinkovitost pri ocenjevanju po 6 mesecih pa je imela formulacija, ki je vsebovala velik delež GL in AS. Učinkovitost vseh formulacij ugotovljena po treh tednih se je razlikovala od učinkovitosti ugotovljene po 6 mesecih. Učinkovitosti ugotovljene po 6 mesecih so bile v povprečju samo 60 – 75 % od tistih ugotovljenih po treh tednih od aplikacije.

Ključne besede: glifosat / njivski slak / *Convolvulus arvensis* / formulacije glifosata / učinkovitost herbicida / dodatki herbicidom

OP: 42 s., 6 slik, 8 pregl., 32 ref.

**IMPACT OF HERBICIDE FORMULATION ON GLYPHOSATE EFFICACY FOR CONTROL FIELD BINDWEED (*Convolvulus arvensis* L.)****UDK:** 632.954:632.51(043.2)=863

Formulations of glyphosate herbicides were tested for their efficacy for the control of field bindweed (*Convolvulus arvensis* L.) grown in plastic containers. Formulations were based on mixtures of glycerine (GL), ethoxylated alcohols (EA), alkylpolyglycosides (AG) and ammonium sulphate (AS) at different ratios. Herbicides were applied by experimental sprayer at 250 l/ha volume. Visual assessments of efficacy were carried out three weeks and/or six months after application, when also the assessment of the above- and underground mass of survived plants was performed. The best control of bindweed was observed after three weeks by means of formulations with high proportion of EA or equal proportion of EA and AG, while the best control regarding the assessment of plant mass of survived bindweed plants after six months was achieved using formulation with high proportion of GL and AS. The achieved efficacy rates of all formulations were different. The efficacy observed after six months was on average only 60 – 75% of that observed after three weeks.

Key words: glyphosate / field bindweed / *Convolvulus arvensis* / herbicide efficacy / herbicide adjuvants

NO: 42 p., 6 pict., 8 tab., 32 ref.

## Kazalo vsebine

<b>1. UVOD</b> .....	<b>1</b>
<b>2. PREGLED OBJAV</b> .....	<b>3</b>
2.1. GLIFOSAT .....	3
2.1.1. Kemična zgradba glifosata .....	4
2.1.2. Delovanje glifosata in njegovih soli .....	6
2.1.3. Absorpcija in prenos glifosata in njegovih soli po rastlinah .....	6
2.1.4. Učinek dodanih površinsko aktivnih snovi na stopnjo absorpcije glifosata .....	9
2.2. VRSTE POVRŠINSKO DELUJOČIH DODATKOV K PRIPRAVKOM NA OSNOVI GLIFOSATA .....	10
2.2.1. Kationski dodatki bazirani na osnovi amina .....	10
2.2.2. Neionski dodatki bazirani na osnovi alkoholov in fenolov .....	11
2.2.3. Neionski dodatki bazirani na osnovi poliglikozidov .....	11
2.2.4. Neionski dodatki bazirani na osnovi silikatov .....	11
2.2.5. Anionski dodatki .....	12
2.2.6. Amonijev sulfat ter ostali dodatki .....	12
2.3. NJIVSKI SLAK ( <i>CONVOLVULUS ARVENSIS</i> L.) .....	13
2.3.1. Botanična klasifikacija .....	15
2.4. MORFOLOŠKI IN FIZIOLOŠKI OPIS NJIVSKEGA SLAKA ( <i>CONVOLVULUS ARVENSIS</i> L.) .....	15
2.4.1. Koreninski sistem ter poganjki .....	15
2.4.2. Nadzemni deli rastline .....	17
2.4.3. Generativni organi rastline, cvetenje in opravevanje .....	18
2.4.4. Seme .....	18
2.5. METODE ZATIRANJA RASTLINE NJIVSKEGA SLAKA ( <i>CONVOLVULUS ARVENSIS</i> L.) .....	19
2.5.1. Zatiranje njivskega slaka ( <i>Convolvulus arvensis</i> L.) z uporabo pripravkov na osnovi glifosata ( <i>Roundup</i> , <i>Rodeo</i> , <i>Acord</i> ) .....	21
<b>3. METODE DE LA</b> .....	<b>23</b>
3.1. ZASNOVA POIZKUSA .....	23
3.2. UPORABLJENE FORMULACIJE GLIFOSATNIH PRIPRAVKOV .....	24
3.3. TEHNIKA APLIKACIJE PRIPRAVKOV .....	26
3.4. NAČIN OCENJEVANJA UČINKOVITOSTI HERBICIDOV .....	28
<b>4. REZULTATI IN RAZPRAVA</b> .....	<b>30</b>
4.1. REZULTATI VIZUALNEGA OCENJEVANJA UČINKOVITOSTI DELOVANJA PRIPRAVKOV TRI TEDNE PO APLIKACIJI HERBICIDA .....	30
4.2. REZULTATI OCENJEVANJA UČINKOVITOSTI DELOVANJA PRIPRAVKOV ŠEST MESECEV PO APLIKACIJI HERBICIDOV Z METODO TEHTANJA ORGANOV RASTLIN .....	31
4.3. RAZPRAVA .....	31
4.3.1 RAZPRAVA GLEDE OCEN UČINKOVITOSTI PRIPRAVKOV PO TREH TEDNIH .....	33
4.3.2 RAZPRAVA GLEDE OCEN UČINKOVITOSTI PRIPRAVKOV PO ŠESTIH MESECIH .....	33
<b>5. SKLEPI</b> .....	<b>38</b>
<b>6. LITERATURA</b> .....	<b>39</b>
<b>7. ZAHVALA</b> .....	<b>42</b>

## Kazalo preglednic

Preglednica 1: Sestava vzorca št. 1.....	24
Preglednica 2: Sestava vzorca št. 2.....	25
Preglednica 3: Sestava vzorca št. 3.....	25
Preglednica 4: Sestava vzorca št. 4.....	25
Preglednica 5: Sestava vzorca št. 5.....	26
Preglednica 6: Sestava vzorca št. 6.....	26
Preglednica 7: Rezultati vizualnega ocenjevanja učinkovitosti delovanja pripravkov tri tedne po aplikaciji .....	30
Preglednica 8: Rezultati ocenjevanja učinkovitosti delovanja pripravkov šest mesecev po aplikaciji z metodo tehtanja organov rastlin.....	31

## Kazalo slik

Slika 1: Strukturna formula molekule glifosata ( <a href="http://en.wikipedia.org/wiki/Glyphosate">http://en.wikipedia.org/wiki/Glyphosate</a> , 2008).....	5
Slika 2: Prostorska porazdelitev atomov v molekuli glifosata ( <a href="http://en.wikipedia.org/wiki/Glyphosate">http://en.wikipedia.org/wiki/Glyphosate</a> , 2008).....	5
Slika 3: Rastline njivskega slaka ( <i>Convolvulus arvensis</i> L.) skladiščene v plastenjaku (Kolmanič, 2006)..	24
Slika 4: Metoda aplikacije glifosata na rastline njivskega slaka ( <i>Convolvulus arvensis</i> L.) z uporabo eksperimentalnega pršilnika Technoma Euro-Pulve (Kolmanič, 2006) .....	28
Slika 5: Razlika med kontrolo (zgoraj) in jeseni aplikaciranimi rastlinami (spodaj) po 6 mesecih od aplikacije (Kolmanič, 2007) .....	34
Slika 6: Rizomski sistem pri kontrolni rastlini (levo) ter aplikacirani rastlini (desno) po 6 mesecih od aplikacije (Kolmanič, 2007) .....	35

## 1. UVOD

Njivski slak (*Convolvulus arvensis* L.) je trajni širokolistni plevel. Razširjen je po vsem območju Slovenije ter Evropske Unije, ZDA in Azije. Ima srednjo tekmovalno sposobnost proti poljščinam. Razvija se v vseh poljedelskih posevkih in tudi v trajnih nasadih. V žitih povzroča škodo od 20 do 50 %, pri velikih populacijah in ob neuspešnem zatiranju pa tudi do 80 % (Peterson s sod., 1989). V ZDA so leta 1998 ocenili, da je pri njih ta plevel povzročil preko 377 milijonov ameriških dolarjev škode zaradi izpada pridelka (Coombs, 2004). Kljub pogosti uporabi herbicidov slaka ni mogoče povsem izkoreniniti. Pri uporabi herbicidov je potrebno nenehno iskati nove načine uporabe, da čim bolj povečamo učinkovitost. Velik vpliv na učinkovitost herbicidov imajo formulacijski dodatki k pripravkom, ki vplivajo na obseg vstopanja herbicidnih aktivnih snovi v plevele in na hitrost premeščanja po organih plevelov. Obseg premeščanja aktivne snovi v podzemne dele trajnih plevelov je zelo pomemben dejavnik učinkovitosti zatiranja trajnih plevelov, kot je njivski slak (*Convolvulus arvensis* L.).

Namen diplomske naloge je preučiti učinek dodatkov v formulaciji herbicidov na podlagi glifosata, na stopnjo učinkovitosti zatiranja plevela njivski slak (*Convolvulus arvensis* L.). Njivski slak (*Convolvulus arvensis* L.) je dokaj odporen plevel na glifosat. Potrebne so informacije ali je s spremembo dodatkov k formulaciji možno povečati učinkovitost delovanja pripravkov. Formulacijski dodatki se med seboj zelo razlikujejo po ceni in po ekološki sprejemljivosti. Proizvajalci herbicidov morajo vedno iskati kompromis med stroški za proizvodnjo pripravka in ekološkimi neugodnimi učinki dodatkov. Velik problem je neugoden učinek dodatkov na vodne organizme. Ekološko sprejemljivi dodatki so bistveno dražji. Le v določenih specifičnih razmerjih lahko z njimi povečamo učinkovitost glifosatnih pripravkov.

Cilji diplomske naloge so dokazati ali ovreči domneve o povečanju učinkovitosti delovanja glifosata na zatiranja plevela njivski slak (*Convolvulus arvensis* L.) s spremembo razmerij med različnimi formulacijskimi dodatki pri glifosatnih herbicidih.

## 2. PREGLED OBJAV

Ob začetku diplomskega dela je bila postavljena delovna hipoteza, da se bo s spremembo dodatkov k formulaciji glifosata povečala učinkovitost delovanja glifosata na zatiranje plevela njivski slak (*Convolvulus arvensis* L.).

### 2.1. Glifosat

Glifosat so prvič sintetizirali leta 1970 v raziskovalnem laboratoriju družbe Monsanto Agricultural Products Company. Njegov izumitelj John E. Franz je za svoje delo prejel leta 1987 državno medaljo za tehnologije in leta 1990 Perkinovo medaljo za kemijo. Glifosat je kemično anionsko-kationska amino kislina, komercialni pripravki pa lahko imajo tudi oblike soli in sicer; glifosat mono izopropil amino sol, glifosat amonijeva sol ter glifosat v obliki kalijeve soli (Maček in Kač, 1990; Franz s sod., 1997).

Za uporabo je dovoljen v več kot 100 posevkih in ima dokazano delovanje na več kot 300 plevelov. Edinstvene lastnosti glifosata in njegovih vodotopnih soli so:

- je neselektiven herbicid z širokim sprektrom delovanja na enoletne ozkolistne in širokolistne plevela ter na večino trajnih plevelov,
- je skoraj netoksičen za sesalce, ptice, ribe, žuželke ter večino bakterij, ter se ne akumulira v tkivih živali in rastlin (Franz s sod., 1997),
- klasificiran je kot nekancerogeni herbicid za človeka. Za človeka je le dražeča kemikalija (Franz s sod., 1997; Williams s sod., 2000),
- je sistemični herbicid in se zelo hitro prenaša po rastlini,
- ne prodira v stebila dreves, vinske trte in podobno, ter je zato varen za uporabo v sadovnjakih, vinogradih in drugih trajnih nasadih,

- v rastlini inhibira delovanje encima EPSP sintaza. Inhibicija tega encima prepreči rastlini sintetiziranje določenih aromatičnih aminokislin esencialnih za rast rastline,
- vse od začetka njegove rabe leta 1974 pa do danes se še ni pojavila odpornost pri plevelih na glifosat in njegove soli, pojavili pa so se tako imenovani super pleveli, rastline katere smo gensko modificirali na odpornost na glifosat in so v nekaterih okoljih postale trdovraten plevel (Franz s sod., 1997),
- ker je glifosat herbicid z širokim spektrom delovanja, deluje tudi na pridelovane rastline, kar nekoliko zmanjšuje možnosti enostavne aplikacije. Danes v svetu gojijo že mnoge genetsko modificirane, na glifosat odporne posevke.

#### 2.1.1. Kemična zgradba glifosata

Glifosat je amino fosfonska kislina in je analog v naravi najdene amino kisline glicin. Ime je izpeljanka iz glicin (ameriško; glycin) in fosfonske kisline (ameriško; phosphonic acid) (Franz s sod., 1997).

ISO poimenovanje: glyphosate

IUPAC poimenovanje: N-(phosphonomethyl)glycine

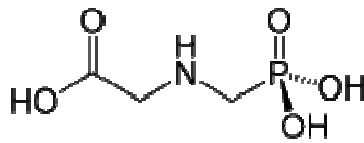
CA poimenovanje: N-(phosphonomethyl)-glycine

CAS identifikacijska številka: [1071-83-6]

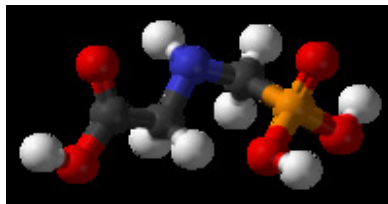
CIPAC identifikacijska številka: 177

Imena nekaterih komercialnih pripravkov, ki vsebujejo glifosat: Roundup®, BOOM efect, Rodeo, Acord, Touchdown system in številni drugi.

Molekulska formula:  $C_3 H_8 NO_5 P$  (glyphosate)



Slika 1: Strukturna formula molekule glifosata (<http://en.wikipedia.org/wiki/Glyphosate>, 2008)



Slika 2: Prostorska porazdelitev atomov v molekuli glifosata

(<http://en.wikipedia.org/wiki/Glyphosate>, 2008)

Glifosat (N-fosfometil glicin) je bele barve, brez vonja, strukturno je kristalinska amino kislina z uparitvenim pritiskom  $1,84 \times 10^{-7}$  mm Hg pri temperaturi  $45\text{ }^{\circ}\text{C}$  in omejeno topnostjo v vodi pri sobni temperaturi. Ta znaša 1.157 wt % pri  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$  ter 6 wt % pri  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  (Franz s sod., 1997). PH 1% raztopine se giblje okoli 2. Zaradi velike polarnosti in notranjega molekulskega povezovanja dušika v kristalni mreži, ima zelo veliko temperaturo razpada, nizko topnost v večini organskih topil in zelo negativen log Kow (oktanol/voda) (Franz s sod., 1997). Pri pH vrednostih med 4,8 in 12 tvori monoanionske, dianionske in trianionske soli, zaradi svoje amfoterne narave pa lahko tvori kationske soli tudi pri nizkem pH.

Zaradi omenjene omejene topnosti v vodi, je glifosat v komercialnih herbicidih v glavnem v oblikah vodotopnih soli. Te oblike so: izopropil amino sol, kalijeve sol ter amonijeve sol. Med posameznimi pripravki lahko včasih prihaja do razlik med učinkovanjem, vendar te razlike nastanejo zaradi površinsko aktivnih snovi vključenih v formulacijo in ne zaradi oblik soli v formulaciji (Hartzler, 2008).



Glifosat je relativno močna kislina (1 % raztopina ima pH okoli 2) in zato ob reakciji z primernimi bazami hitro dobimo odgovarjajoče soli (Franz s sod., 1997). To lahko nekoliko ovira njegovo delovanje.

### 2.1.2. Delovanje glifosata in njegovih soli

Glifosat je sistemski herbicid, ki v rastlino vstopa preko listov ter stebel rastlin. Razvojna faza rastline, število listov, njihova površina ter kot rasti, površinske karakteristike in fiziološko stanje rastline ima velik vpliv na sprejemanje, zadrževanje in delovanje glifosata. V rastlinah deluje na encim 5-enolpiruvilšikimat-3-fosfat sintaza (EPSPS), ki katalizira reakcijo med šikimat-3-fosfat ( $S_3P$ ) in fosfoenol piruvatom, ki tvori 5-enolpiruvil-šikimat-3-fosfat (ESP). ESP se v rastlinah nato defosforilizira do korizmatov, ki so v rastlinah predhodna spojina aromatičnih aminokislin, natančneje fenilalanina, tirozina in triptofana. Te aminokisliline se uporabljajo v izgradnji peptidov ter v izgradnji sekundarnih metabolitov kot so naftokinon, folati in ubikinon. Živali in ljudje v celicah nimajo te šikimatne metabolne poti in zato glifosat ni toksičen zanje (<http://en.wikipedia.org/wiki/Glyphosate>).

### 2.1.3. Absorbcija in prenos glifosata in njegovih soli po rastlinah

Pod ugodnimi pogoji pride do hitre absorbcije glifosata, hitremu vstopu pa nato sledi daljša faza počasnejšega sprejemanja (Franz s sod., 1997). Študije dokazujejo, da je bila absorbcija glifosata v obliki izopropilamino soli ter pri dodatku površinsko aktivnih snovi (močila in omočila) pri plevelu plazeča pirnica (*Agropyron repens* L.) 34 % po 4 urah, potem pa se je absorbcija upočasnila in je po 44 urah znašala 55 % (Spranckle s sod., 1975). Pri različnih plevelih lahko imajo različni dodatki, različne učinke na hitrost

sprejema in gibanja. Druga študija je pokazala, da je bil sprejem glifosata v rastlino *Apocynum cannabinum* L. po 12 urah 19 %, po 36 urah 36 % in po 12 dneh 53 % (Schultz in Burnside, 1980).

Prvo oviro pri absorpciji glifosatov v rastlino predstavlja rastlinska kutikola. Ta obdaja celotno površino nadzemnih delov rastline. Kutikole so lipoidne, necelične, nežive heterogene membrane, katerih naloga je zadrževanje vode in v njej raztopljenih snovi znotraj rastline, ter zadrževanje vstopa patogenov (Price, 1982, cit. po Franz s sod., 1997).

Glifosat je zelo polarna molekula z omejenim lipofilnim značajem. Logaritem porazdelitvenega koeficienta oktanol / voda ( $\log K_{ow}$ ) je zelo majhen (približno 4) v primerjavi z drugimi herbicidi (Franz s sod., 1997). Zaradi tega relativno hiter prehod glifosata in njegovih soli skozi liste v apoplastno območje tkiv potrjuje teorijo prehoda preko vodne ali hidrofilne poti skozi lipofilno kutikolo (Franz s sod., 1997). Natančna pot pronicanja ionov kot je glifosat pa še je vedno subjekt trajajočih raziskav.

Transport glifosata skozi kutikulo ponavadi poteka z difuzijo. Hitrost prehoda je odvisna od večih faktorjev. Ti faktorji so; struktura kutikule, kemična sestava in debelina kutikule, vrsta voska v kutikuli, vlaga in temperatura, vrsta rastline in faza razvoja rastline, količina uporabljenega herbicida, ter dodatek površinsko aktivnih snovi. Študije dokazujejo, da je glaven vir prehoda aktivnih snovi glifosatnih herbicidov skozi kutikolo na tankih kutikularnih linijah listnih rež, kutikularnih robovih njihovih varovalnih celic ter na antiklinalnih zidovih epidermalnih celic (Sherrick s sod., 1986). Študije dokazujejo tudi, da po relativno hitri absorpciji v prvih 4 urah skozi listno kutikolo rastline navadni fižol (*Phaseolus arvensis* L.), sledi počasen sprejem v mezofilne celice. Kot mogoč vzrok počasnega sprejema v mezofilne celice je naveden negativni naboj na celični steni ter plazmaleni, ki bi naj oviral sprejem anionske molekule glifosata (Brecke in Duke, 1980). Študije dokazujejo, da vstop glifosata v mezofilne celice listov različnih rastlin poteka z

difuzijo (Franz s sod., 1997). Po prehodu skozi kutikolo pridejo molekule glifosata v apoplastni vodni kontinuum celičnih sten, od koder so sposobne z difuzijo preiti v ostala prevodna tkiva. Nadaljni transport na daljše razdalje po rastlini poteka po rastlinskih tkivih; ksilemskih trahejah in apoplastu ter floemskih sitastih ceveh. V mnogih rastlinah so prevodna tkiva globoko v listu ter obdana z mezodermom, kateri lahko ovira dostop molekul glifosata do prevodnih tkiv.

Ksilem je sestavljen iz mrtvih celic, ki tvorijo dolge neprekinjene cevke po rastlini. Transpiracijski tok po njem poteka v smeri od korenin proti listom v glavnem zaradi sesalne moči listov, ki nastaja zaradi evaporacije vode. Transpiracijski tok floema poteka od listov do predelov ki potrebujejo asimilate, kot so steblo, korenine, plodovi. Glifosat se giblje po obeh tokovih in take spojine, ki se gibljejo po obeh tokovih se imenujejo ambimobilne (dvosmerno mobilne).

Največjo stopnjo absorbcije glifosata lahko pričakujemo pri rastlinah, ki imajo na razpolago dovolj veliko vlage. Dovolj vlage v zemlji in visoka relativna vlažnost zraka povečata obseg gibanja glifosata po plevelih. Raziskave so pokazale, da je največja stopnja absorbcije glifosata v obliki izopropil amino soli pri veliki relativni vlažnosti zraka (Franz s sod., 1997).

Prav tako je večja absorbcija pri rastlinah, ki so rasle pri nizki stopnji osvetlitve. Te rastline tvorijo manj epikutikularnega voska in je zato posledično večja absorbcija glifosata. Študije na plevelu njivski slak (*Convolvulus arvensis* L.) so pokazale, da so rastline pri visoki stopnji osvetlitve ter nizki relativni vlažnosti zraka imele 3 krat več epikutikularnega voska kot rastline gojene na nizki stopnji osvetlitve ter visoki relativni vlažnosti zraka (Franz s sod., 1997).

Povprečna stopnja absorbcije glifosata pri plevelu njivski slak (*Convolvulus arvensis* L.) gojenega pri visoki stopnji osvetlitve ter nizki relativni vlagi je bila 9 %, pri plevelu

gojenem na nizki stopnji osvetlitve in visoki relativni vlagi zraka pa je bila 21 % (Franz s sod., 1997).

Prav tako na količino absorbiranega glifosata vpliva koncentracija aplikacije glifosata. Aplikacija pri plevelu plazeča pirnica (*Agropyron repens* L.) v fazi po cvetenju, je pokazala skoraj dvakrat večjo absorbcijo glifosata, kot v fazi vznika. Prav tako je sorodna študija dokazala, da je večja absorbcija glifosata v fazi 6-7 listov kot v fazi 3-4 liste. Vendar pa to ni samo zaradi odvisnosti herbicida in stopnje rasti rastline, temveč na to vpliva več drugih faktorjev (Franz s sod., 1997). V različnih razvojnih fazah plevelov lahko pričakujemo različno mobilnost glifosatnih molekul.

Naslednja študija, izvedena na mnogih plevelnih vrstah z uporabljenim pripravkom na osnovi izopropil amino soli, je dokazala večji učinek aplikacije z uporabo večjih kapljic škropilne brozge kot pa pri zelo drobnih kapljicah (Franz s sod., 1997).

#### 2.1.4. Učinek dodanih površinsko aktivnih snovi na stopnjo absorbcije glifosata

Poznano je, da herbicid ne more učinkovito delovati, če se njegova aktivna snov ne sprejme v zadostni količini v rastlino. Za izboljšanje absorbcije se lahko dodajajo dodatki k formulacijam. Dodatki so definirani kot vsaka dodana snov osnovni formulaciji herbicida, ki izboljša herbicidno delovanje ali pa karakteristike pripravka (Lešnik, 2007).

Dodatki glifosatu služijo v večini kot aktivatorski agenti in povečujejo zadrževanje kapljic škropilne brozge na listju, ter povečujejo sprejem aktivne snovi v rastlino. Iz prejšnjih delov besedila je razvidno, da največjo oviro pri sprejemu polarne molekule glifosata predstavlja negativno nabita listna kutikula ter plazmalema celic povrhnjice. Nekateri dodatki služijo za premostitev teh ovir (Franz s sod., 1997).

Pri nizkih koncentracijah dodane površinsko aktivne snovi omogočajo večjo močljivost ter omogočajo boljše razširjanje formulacije po listu, pri velikih koncentracijah pa lahko nekateri delujejo kot aktivatorji in pomagajo vstopu aktivnih snovi kot je glifosat. Pomembnost dodatka površinsko aktivnih snovi k glifosatu ne moremo povsem natančno preценiti (Franz s sod., 1997).

Izvedena je bila študija preverjanja učinka 60 komercialnih dodatkov površinsko aktivnih snovi k glifosatu v obliki izopropil amino soli. Izvedena je bila na plevelu sirska svilnica (*Asclepias syriaca* L.), ki je znan kot občutljiv na glifosat, ter na plevelu *Apocynum cannabinum* L., ki je znan kot plevel neobčutljiv na glifosat. Študija je pokazala, da se fitotoksičnost povečuje z povečevanjem koncentracije dodatka adjuvantov ter površinsko aktivnih snovi (močil in omočil) do 0,3 % w/v. Kot najbolj učinkovit dodatek se je izkazal etoksilirani amin. Zaključeno je bilo, da se učinkovitost dodatkov vsebujočih amino strukture povečuje z povečanjem hidrofilnega in lipofilnega ravnotežja raztopine ter s povečanjem stopnje etoksilacije. Kationski dodatki so bili v mnogih poskusih na splošno bolj učinkoviti kot neionski dodatki (Franz s sod., 1997).

## **2.2. Vrste površinsko delujočih dodatkov k pripravkom na osnovi glifosata**

### **2.2.1. Kationski dodatki bazirani na osnovi amina**

Študija povezave med fitotoksičnostjo glifosata in dodatkom površinsko aktivne snovi je pokazala velike prednosti kationskih dodatkov (Franz s sod., 1997). Izopropil amino soli se najpogosteje uporabljajo kot dodatki v pripravkih glifosata.

### 2.2.2. Neionski dodatki bazirani na osnovi alkoholov in fenolov

Čeprav so se izkazali kot slabši dodatki proti nekaterim kationskim dodatkom v pripravkih na osnovi izopropil amino soli, so še zmeraj pomembni v določenih pripravkih. Neionski dodatki bazirajo na alkilnih alkoholih, etrih ali estrih maščobnih kislin (Franz s sod., 1997).

### 2.2.3. Neionski dodatki bazirani na osnovi poliglikozidov

Ti dodatki imajo zelo majhno toksičnost za sesalce, značilna pa je še hitra razgradnja z mikroorganizmi po aplikaciji zaradi vsebujoče sladkorne komponente. Predvsem so se izkazali kot dodatek k pripravkom, ki so bili uporabljeni v hladnih in mokrih vremenskih razmerah (Franz s sod., 1997).

### 2.2.4. Neionski dodatki bazirani na osnovi silikatov

Ti dodatki se v glavnem uporabljajo za ustvarjanje večje močljivosti in oprijemljivosti na listih rastlin ter hitrejšega sprejema v rastlino. Intenzivno so bili preučevani za izboljšanje močljivosti pri pripravku Roundup. Ta pripravek in mnogo drugih baziranih na glifosatnih soleh, je zelo topen v vodi in se kot tak zelo hitro izpira iz listov ob pojavu padavin. S tem izgubimo del glifosata, ki se pred dežjem še ni uspel vsrkati v notranjost rastline (Franz s sod., 1997).

### 2.2.5. Anionski dodatki

V zadnjem času so se pojavili patenti z anionskimi dodatki, ki trdijo, da je možno sinergistično delovanje z glifosatom. So novejši dodatki in so manj razširjeni v uporabi (Franz s sod., 1997).

### 2.2.6. Amonijev sulfat ter ostali dodatki

Izvedene so bile mnoge študije na ostalih, površinsko nedelujočih dodatkih. Tako je bil dokazan učinek povečanja fitotoksičnosti pri mnogih plevelih za spojini orcinol ter 4-klor-orcinol (4-chloro-orcinol). Med nekaterimi kovinskimi ioni, ki se nahajajo v škropilnih brozгах (predvsem voda), se pojavlja antagonizem in zmanjšuje delovanje glifosata. Antagonizem pada v smeri: železo  $\geq$  cink  $\geq$  kalcij in magnezij  $\geq$  natrij  $\geq$  kalij (Franz s sod., 1997). Glifosat kot kislina odreagira s kovinskimi ioni in dobimo slabo mobilne soli. Mnogo dodatkov je bilo raziskovanih v smeri odpravljanja tega antagonizma. Kot dobri so se izkazali predvsem dodatki na osnovi fosfatov ter estrov fosfatov. Kelator kovinskih ionov EDTA dobro odpravlja antagonizem povzročen pri dvovalentnih kationih. Prav tako se lahko antagonizem zmanjša z dodajanjem citronske kisline, vinske kisline, mlečne kisline, ortofosforne kisline ter oksalne kisline. To so dokazali pri poskusih na pirnici (*Agropyron repens* L.), navadnem fižolu (*Phaseolus vulgare* L.) ter pri navadni zvezdici (*Stellaria media* L.) (Franz s sod., 1997).

Amonijeve soli ter predvsem amonijev sulfat so kot dodatek herbicidnim brozgam v uporabi več kot 50 let. Uporablja se predvsem za izboljšanje učinkovitosti mnogih vodotopnih foliarnih herbicidov. Amonijev sulfat dokazano poveča aktivnost aktivnih snovi DNOC, endotal, pikloram, aminotriazol, benazolin, bentazone, mekoprop, 2,3,6-TBA, 2,4-D, MCPA in diklorprop. Amonijev sulfat se v velikih odmerkih (150 kg/ha)

lahko uporabljata kot samostojen herbicid, kot dodatek k ostalim herbicidom pa ne kaže tega učinka zaradi majhne koncentracije. Glede uporabe glifosata z dodanim amon-sulfatom študije dokazujejo povečanje fitotoskičnosti, boljšo zaščito pripravka pred okoljskimi vplivi ter odpravo antagonizma z drugimi herbicidi. Na povečanje delovanja glifosata vpliva mnogo dejavnikov, kot so ostali dodatki v formulaciji (površinsko aktivne snovi), kemična oblika glifosata (v obliki soli, kisline), rastlinska vrsta ter vremenske razmere. Natančni vzroki za izboljšanje delovanja glifosata z dodatkom amon-sulfata niso znani, vendar domnevajo, da je povezano z odstranitvijo antagonizma med kovinskimi ioni v škropilni brozgi (Franz s sod., 1997).

Med ostalimi dodatki so še poročali o izboljšanju delovanja glifosata zaradi C<sub>2</sub> ali C<sub>3</sub> akloksi amonijskih kompleksov, amonijevega tiociana, aluminijevega hidroksida, sečnine ter dodatka vlažilcev kot so glicerol, sorbitol in polietilen (Franz s sod., 1997).

### 2.3. Njivski slak (*Convolvulus arvensis* L.)

Rastlina izvira iz območja Azije ter Evrope. Danes je eden najbolj razširjenih plevelov na svetu in ga uvrščamo med kozmopolitske vrste. Razvija se na območjih zemljepisnih širin 60° severno in 45° južno. Uspeva lahko tako v zmerni tropski ter mediteranski klimi, daleč največji problem pa povzroča na območjih z zmerno celinsko klimo.

Je škodljiv plevel v ZDA, Argentini, Avstraliji, Borneu, Šrilanki, Franciji, Nemčiji, Grčiji, Indiji, Iranu, Libanonu, Novi Zelandiji, Pakistanu, Južni Afriki ter državah bivše Jugoslavije, prisoten pa še je v 34 ostalih državah (Holm s sod., 1991). Spada med invazivne rastline in je sposoben izredno hitrega širjenja po novem okolju. V ZDA so prve primerke opazili leta 1739 v kraju Virginia in ocenjujejo, da je bil prenešen iz Evrope leto prej. Nato se je hitro širil in do leta 1900 je bil prisoten že v vseh zahodnih



provincah ZDA, kjer so ga nato prepoznali kot državno nevarnost. Danes je razširjen že po vseh provincah ZDA razen jugovzhodnih in začinja svojo pot po pacifiških otokih.

Razvrstitev plevelov, ki povzročajo največ škode na svetu, prvih 15 po pomembnosti (Holm s sod., 1977).

1. Okrogla ostrica (*Cyperus rotundus* L.)
2. Prsasti pesjak (*Cynodon dactylon* L.)
3. Navadna kostreba (*Echinochloa crus-galli* L.)
4. Tropska kosterba (*Echinochloa colonum* L.)
5. Indijska prosenka (*Eleusine indica* L.)
6. Divji sirek (*Sorghum halepense* L.)
7. Imperata (*Imperata cylindrica* L.)
8. Vodna hijacinta (*Eichhornia crassipes* L.)
9. Navadni tolščak (*Portulaca oleracea* L.)
10. Bela metlika (*Chenopodium album* L.)
11. Krvavordeča srakonja (*Digitaria sanguinalis* L.)
12. Njivski slak (*Convolvulus arvensis* L.)
13. Gluhi oves (*Avena fatua* L.)
14. Izrodni ščir (*Amaranthus hybridus* L.)
15. Bodičasti ščir (*Amaranthus spinosus* L.)

Iz razporeditve je razvidno, da je njivski slak (*Convolvulus arvensis* L.) uvrščen zelo visoko in sicer na 12 mesto. V preteklosti so ta plevel uspešno zadrževali z kolobarjenjem in osnovno obdelavo, danes pa ob uveljavitvi novih načinov obdelave tal, kot so reducirana obdelava, minimalna obdelava ter neposredna (direktna) setev (Bavec, 2003), novih strojev, kot so vrtavkaste brane, ter preozkih kolobarjih, ta plevel pridobiva na pomembnosti (Jurado s sod., 2003).

### 2.3.1. Botanična klasifikacija

Kraljestvo	= Rastline ( <i>Plantae</i> )
Podkraljestvo	= <i>Tracheobionta</i>
Naddeblo	= Semenke ( <i>Spermatophyta</i> )
Deblo	= Kritosemenke ( <i>Magnoliophyta</i> )
Razred	= Dvokaličnice ( <i>Magnoliopsida</i> )
Podrazred	= Asteride ( <i>Asteridae</i> )
Red	= Razhudnikovci ( <i>Solanales</i> )
Družina	= Slakovke ( <i>Convolvulaceae</i> )
Rod	= Slak ( <i>Convolvulus</i> )
Vrsta	= Njivski slak ( <i>Convolvulus arvensis</i> L.)

Poznamo dve varieteti plevela:

- *Convolvulus arvensis* var. *arvensis*
- *Convolvulus arvensis* var. *linearifolius*

## 2.4. Morfološki in fiziološki opis njivskega slaka (*Convolvulus arvensis* L.)

### 2.4.1. Koreninski sistem ter poganjki

Njivski slak (*Convolvulus arvensis* L.) je trajni plevel z močno razvitim koreninskim sistemom v katerem skladišči ogljikove hidrate ter proteine. Razširja se z rizomi ter z semenom. Rast se začne pozno spomladi ter traja do pojava prvih nizkih temperatur. Jeseni se korenine pripravijo na prezimovanje in lahko zdržijo temperature do -6 °C. (Weaver in Riley, 1982). V naših razmerah prezimijo tudi pri nižjih temperaturah.

Rizomi s pritrjenimi lateralnimi koreninami lahko prezimijo in pozneje rastejo ločeno od glavne korenine (Weaver in Riley, 1982). Nasprotno pa so poganjki občutljivi na nizke temperature in jih že temperature blizu zmrzlišča ubijejo.

Mlade rastline začnejo rasti z glavno korenino, katera zraste globoko v zemljo, nato pa začnejo tvoriti stranski koreninski sistem. Večina teh korenin vsako leto propade, nekaj pa se jih ohrani in omogoča horizontalno širjenje plevela. Njihova glavna naloga je črpanje hranil za nadzemno rast, vegetativno širjenje je sekundarnega pomena. Speči popki se pojavijo na stranskih koreninah, ponavadi 50 do 100 cm v stran od glavne korenine in tvorijo sekundarna razrastišča, ko pridejo do površja. Razrezani segmenti korenin služijo rastlini za tvorbo novega samostojnega koreninskega sistema in s tem nove samostojne rastline (<http://www.natureserve.org/explorer/servlet/NatureServe?searchName=Convolvulus+arvensis>).

Stranske korenine rastejo v globini do 30 cm in tvorijo 2/3 mase vseh korenin. Glavna korenina tvori 1/3 vse mase korenin in običajno raste do globine 2 metra, našli pa so jih že tudi na globini 9 metrov (Phillips, 1978). Ko stranske korenine dosežejo dolžino 96 do 190 cm, začnejo nekatere med njimi rasti navzdol v globino. Ugotovljeno je bilo, da imajo rastline z večjimi listi agresivnejšo rast in razširjanje korenin. Kennedy in Crafts (1931) trdita, da na obseg in obliko koreninskega sistema vpliva poroznost tal ter vodno zračni režim v tleh.

Rast stranskih korenin lahko v enem letu doseže 4,6 metrov, nekatere bolj agresivne rastline njivskega slaka (*Convolvulus arvensis* L.) pa so tvorile tudi do 7 metrov stranskih korenin letno (Lyons, 1998).

Best (1963a, 1963b) je odkril, da je ena stranska korenina dolžine 5 cm sposobna razviti do 25 novih poganjkov v 4 mesecih po sajenju, po 15 mesecih pa so nove poganjke

odkrili na razdalji 300 centimetrov od posajene prvotne korenine, kar dokazuje izjemno hitrost širjenja.

Swan (1983) je s poskusi raziskoval hitrost regeneracije nadzemnih delov pri mladih rastlinah. Poganjke je porezal pri 20 in 44 dnevih po pojavu. Porezal jih je 1 centimeter pod površjem in regeneracija je potekla v 1 do 4 tednih. Vse rastline porezane pri 44 dnevih rasti so se regenerirale, rastline porezane pri 20 dneh rasti pa v omejenem obsegu. Rezultati so pokazali, da regeneracija korelira bolj z starostjo poganjkov kot z njihovo nadzemno biomaso.

Pri zimskem mirovanju rastlina porablja zelo malo v koreninah skladiščenih ogljikohidratov, tako je večina snovi na voljo za spomladansko rast. Velika količina skladiščenih ogljikohidratov je vzrok velike regenerativne sposobnosti rastline iz koreninskih brstov.

#### 2.4.2. Nadzemni deli rastline

Nadzemne dele rastline predstavljajo stebila, listi, ter generativni organi. Stebila so šibka in se lahko prepletajo med sabo in tvorijo šope stebel. Stebila se rada ovijajo po drugih višjih rastlinah, v dolžino lahko zrastejo do 1,5 metra.

Listi rastlin njivskega slaka (*Convolvulus arvensis* L.) so zelo različnih oblik in domnevajo, da je to zaradi razlike v sestavi tal ter razlike v vodno zračnem režimu. Prvi pravi listi so temno zelene barve in so lahko na zgornji strani prekriti z finimi zrnici. Najpogostejši tip lista je suličasto kopjaste oblike z značilno konico. Listi so lahko še okrogle oblike, ovalne ter podolgovato ovalne oblike. Barva listov niha od temno do svetlo zelene barve, velikost listov se giblje od 1 do 5 centimetrov in je odvisna od rastnih razmer, dolžina listnega peclja je 1–3 centimetra.

### 2.4.3. Generativni organi rastline, cvetenje in oprашevanje

Cvet ima belo barvo z rožnatimi progami in obliko trobente. Ima 5 venčnih listov, ki so zrasli med seboj v venec, 5 čašnih listov, 5 prašnikov in en pestič. Cvetni prah ima belo barvo.

Njivski slak (*Convolvulus arvensis* L.) je tujeprašna rastlina. Njegovi cvetovi trajajo 1 dan, vendar se lahko pojavljajo od konca junija do sredine julija. Opráševanje izvršijo žuželke, ponavadi čebele, čmrlji in metulji.

Po uspešni oprášitvi se ustvari plod, znotraj katerega sta ločeni dve kapsuli. V vsaki kapsuli je lahko do 4 semen. Plodovi so sferične do sub sferične oblike. Ko dozori se plodovi odprejo in semena odpadejo v okolici rastline. Okoli 5-25 % semena, ki ga rastlina letno tvori je sposobno kaliti že isto leto, 60-80 % semena pa je dormantnega, delež živih semen, ki so sposobne kalitve pa se giblje 87-99 %.

### 2.4.4. Seme

Najkasneje 30 dni po oprášitvi je rastlina sposobna tvoriti dozorelo seme. Vlaga v semenu se spusti do 10-13 %, seme dobi trdo lupino in postane nepropustno za vodo. Tako seme se imenuje dormantno seme. Tako seme mora za uspešno kalitev preiti skozi določene vplive, najpogosteje mora prezimiti v zemlji vsaj eno sezono, da se odpravijo mehanizmi zaviranja kalitve. Semena so se izkazala za zelo trpežna v zemlji in lahko kalijo še po 50 letih.

Brown in Porter (1942) sta ugotovila, da je 65 % semen še kalilo po 55 letnem skladiščenju in da lahko pričakujemo podobno od semen zakopanih globoko v tleh.

Poskusi so dokazali, da dormantno seme ne vpija večino herbicidov. Rastlina lahko razvije semena že v prvi sezoni po kaljenju. Ocenjujejo, da ena rastlina tvori od 12 do 300 semen, to znese na hektar 50 000 do 20 milijonov semen.

Semena nastajajo v dveh ločenih kapsulah. Oblika in velikost semena je pogojena z njihovim številom v vsaki kapsuli in je lahko okrogle oblike, ploščate in kombinirane oblike z nekaterimi ploščatimi deli. Dolžina se giblje okoli 3 mm.

Da se prekine delovanje inhibitorjev kalitve v semenu in seme začne kliti je potrebna zadostna izpostavljenost vlagi in spreminjajočim temperaturam v zgornjih 8 cm zemlje. Izpostavljenost semena na svetlobo nima vpliva na kaljenje. Optimalna temperatura za kaljenje je 20-35 °C, kali pa lahko pri temperaturah 5-40 °C.

Naselitev rastline na nova, neposeljena območja, se primarno izvrši z semenom. Seme pade zraven starševske rastline, ter se nato z različnimi vplivi okolja prenese na druga območja. Dokazano je, da seme ostane plodno tudi po prehodu skozi prebavni trakt različnih živali. Ko rastlina raste med kultiviranimi rastlinami, pa je najpomembnejši način njenega širjenja z rizomi.

## **2.5. Metode zatiranja rastline njivskega slaka (*Convolvulus arvensis* L.)**

Rastlino je izjemno težko zatreti, potrebna je kombinacija večih aktivnih snovi, obdelave tal, ter setve poljščin, ki so sposobne tekmovati s plevelom. Zatiranje populacije traja več let. Glavni cilji pri zatiranju so: zmanjšanje števila semen v zemlji, preprečevanje klitja semena, izčrpati koreninski sistem obstoječih rastlin in preprečiti širjenje plevela. Preprečevanje širitve ter zadrževanje plevela je prioritarna naloga pri zatiranju njivskega slaka (*Convolvulus arvensis* L.).

Kot način zatiranja rastline lahko služi obdelava tal. V tem primeru priporočajo obdelavo vsakih 7 do 14 dni. Kot najboljše orodje se je izkazal predsetvenik z globino obdelave do 15 cm ter vsakoletno oranje z plugom do globine 30 cm. V tej globini se nahaja glavna masa stranskih korenin. Iz glavne korenine se nato takoj pod poškodovanim mestom začne nova rast rastline, ponovna rast se lahko začne tudi iz rizomov. Ugotovili so, da so rizomi krajši od 6 cm imeli zelo majhno sposobnost preživetja, prav tako so boljše sposobnost ponovne rasti ugotovili pri rizomih, ki so v globljih plasteh zemlje, pod globino ornice, kot pri tistih, ki so plitvo v zemlji. Rizomi šibkih rastlin z malo zalogo rezervnih snovi so imeli slabo sposobnost preživetja. Ugotovili so, da ima največjo regeneracijo iz korenin rastlina v obdobju zgodaj spomladi in pozno poleti (Swan in Chancellor, 1976).

Callihan s sodelavci (1990) je preskušal učinek zatiranja njivskega slaka (*Convolvulus arvensis* L.) z ognjem in ugotovil, da to kot samostojen ukrep ni učinkovit način zatiranja plevela, lahko pa se uporablja v kombinaciji z ostalimi metodami. Ta način ni uspešen zato, ker ne uničuje koreninskega sistema, le nadzemne dele rastline.

Kot najbolj učinkovita metoda zadrževanja in zatiranja njivskega slaka (*Convolvulus arvensis* L.) se je izkazal kemični način zatiranja rastline. V ta namen se uporabljajo pripravki na osnovi aktivnih snovi 2,4-D, glifosat, dikamba, pikloram, quinklorak, in parakvat. Za uspešno delovanje se morajo herbicidi uporabiti v času, ko jih bo rastlina v največji meri absorbirala vendar še ne bo tvorila semena ter novih brstov na rizomih, to je v fazi polnega cvetenja, ko je tudi največji prenos asimilatov po rastlini. Prav tako je dober čas za zatiranje rastline pozno poleti. Na delovanje aktivnih snovi nato vpliva veliko faktorjev. Ugotovili so, da jih lažje sprejmejo rastline, ki imajo na razpolago dovolj vlage, kot tiste, ki so rasle v sušnih razmerah (Meyer, 1978).

Odkrili pa so že tudi prve odporne biotipe rastline na aktivne snovi, natančneje na 2,4-D po 3 zaporednih letih aplikacije z njim (Whitworth in Muzik, 1967).

Kot učinkovita metoda zadrževanja rastline je tudi kolobarjenje. Znano je, da tekmovanje njivskega slaka z drugimi rastlinami za svetlobo, močno izčrpava rastlino. V ta namen se uporabljajo rastline kot so navadno proso (*Panicum miliaceum* L.), navadni sirek (*Sorghum vulgare* L.), sudanska trava (*Sorghum sudanense* L.) ter lucerna (*Medicago sativa* L.). Tudi ozimno žito (*Triticum aestivum* L.) se je dobro odrezalo pri zadrževanju razvoja njivskega slaka, predvsem na račun zelo zgodnjega začetka rasti spomladi.

V zadnjem času preučujejo biološki način zatiranja njivskega slaka (*Convolvulus arvensis* L.). Pri tem načinu uporabljajo različne parazitske organizme od insektov do gliv. Ta način se ni izkazal kot praktičen in učinkovit način zatiranja in zadrževanja rastline.

Njivski slak (*Convolvulus arvensis* L.) zelo težko v celoti zatremo. Kot najboljši način priporočajo kombinacijo mehaničnega ter kemičnega zatiranja ter kolobarjenja. V najboljšem primeru traja zatiranje večjih populacij rastlin na njivah 1-5 let.

#### 2.5.1. Zatiranje njivskega slaka (*Convolvulus arvensis* L.) z uporabo pripravkov na osnovi glifosata (Roundup, Rodeo, Acord)

Študije so dokazale, da pripravki na osnovi glifosata niso dovolj učinkoviti pri zatiranju slaka, visoko stopnjo učinkovanja so pokazali le na uničevanju nadzemne mase (Callihan s sod., 1990).

Ena aplikacija v jeseni v Nebraski je pri uporabi 0,84 kilogramov glifosata na hektar imela 50% učinkovitost, medtem ko je aplikacija 1,7 kilograma glifosata na hektar dala 85% učinkovitost pri uničenju nadzemnih delov (Swisher in Shea, 1985).

Naslednja študija izvedena na Pacifiškem severozahodu (Pacific Northwest) ob polnem cvetenju rastline ob uporabi 3,4 in 4,2 kg glifosata na hektar je pokazala enako



učinkovitost pri obeh koncentracijah gledano na stopnjo uničenja nadzemnih delov. Glede stopnje regeneracije slaka pa so se pojavile razlike, tudi v povezavi s tem, če je bila 2-3 tedne po aplikaciji izvedena obdelava tal. Za popolno uničenje rastline priporočajo večkratno zaporedno kemično zatiranje vzniklih poganjkov ob kombinaciji z mehaničnimi ukrepi obdelave tal (William s sod., 1997).

V zvezni državi Indiani je bila izvedena študija zatiranja njivskega slaka (*Convolvulus arvensis* L.) ob uporabi glifosata z različnimi dodatki. Uporabili so 1,1 kilograma glifosata na hektar ter dodatka MON0818 in Tween 20 v 1% w/v koncentraciji. Dodatka sta povečala učinkovitost delovanja glifosata. Študija poroča, da je bil največji učinek zatiranja dosežen pri rastlinah, ki so rastle ob slabi osvetlitvi in visoki vlažnosti. Pri dodatku MON0818 so ugotovili, da zmanjšanje njegove koncentracije pospešuje translokacijo glifosata do korenin. Kljub vsemu pa Sherrick s sodelavci (1986) priporoča uporabo dodatkov, vendar ne v večji koncentraciji kot 0,5 w/v. Če jih dodamo preveč se lahko učinkovitost glifosata zmanjša.

### 3. METODE DE LA

#### 3.1. Zasnova poizkusa

Poskus je bil zasnovan, kot standardni lončni poskus za preiskovanje biotične učinkovitosti herbicidov. Rastline njivskega slaka (*Convolvulus arvensis* L.) smo posadili v zemljo, v plastične lonce z volumnom 10 litrov. Rastline so bile nabrane v maju leta 2006 na njivi blizu naselja Kidričevo. Na njivi izvajajo standardno poljedelsko pridelavo z običajnim kolobarjem. Glifosatne pripravke so na tej njivi v zadnjih 10 letih uporabili 3 krat. Tam rastoča populacija njivskega slaka (*Convolvulus arvensis* L.) ima glede rezistentnosti na herbicide povsem povprečne lastnosti. Vse rastline v poizkusu so izvirale iz ene populacije rastlin. Ob sajenju smo v vsak plastični lonec posadili tri rastline. Vsaka rastlina je imela 25 centimetrov dolg rizom in poganjek s petimi listi. Rastline smo v loncih gojili 5 mesecev in nato v oktobru leta 2006 izvedli nanos glifosatnih pripravkov. Po nanosu pripravkov smo rastline dali v platenjak, kjer so prezimile. Občasno smo izvajali zalivanje. Temperature v platenjaku, so se čez zimo gibale od 1 do 18 °C. Zemlja v loncih se ni nikoli izsušila in ni zamrznila. V maju leta 2007, leto dni po sajenju, smo rastline ločili od zemlje in stehali maso svežih nadzemnih poganjkov in maso svežih rizomov. Poizkus je bil zasnovan kot poskus z 12 variantami z dodatno netretirano kontrolo. V vsaki varianti je bilo 25 loncev, skupno z kontrolo je bilo uporabljenih 325 loncev. Vsak lonec se je v statističnem smislu obravnaval kot ena ponovitev. Statistični izračuni so bili opravljeni z programom za statistično analizo podatkov SPSS in sicer po sistemu analize naključnih skupin. Kot test je bil uporabljen Tukey HSD test. Podatki o učinkovitosti (%) so bili pred obdelavo transformirani z arcsinkoren (X) transformacijo.



Slika 3: Rastline njivskega slaka (*Convolvulus arvensis* L.) skladiščene v plastenjaku (Kolmanič, 2006)

### 3.2. Uporabljene formulacije glifosatnih pripravkov

Uporabili smo 6 vzorcev glifosatnih pripravkov označenih s številčnimi oznakami (V1, V2, V3, V4, V5 in V6).

Vzorec št. 1:

**Preglednica 1: Sestava vzorca št. 1**

Surovina:	Vsebnost:
Glifosat	360 g
Fosfati etoksiliranih alkoholov	100 g
Voda	Preostanek do 1 L

Vzorec št. 2:

**Preglednica 2: Sestava vzorca št. 2**

Surovina	Vsebnost
Glifosat	360 g
Fosfati etoksiliranih alkoholov	100 g
Alkil poliglikozid kitajskega porekla	100 g
Glicerin	30 g
Voda	Preostanek do 1 L

Vzorec št. 3:

**Preglednica 3: Sestava vzorca št. 3**

Surovina	Vsebnost
Glifosat	360 g
Alkil poliglikozid kitajskega porekla	200 g
Voda	Preostanek do 1 L

Vzorec št. 4:

**Preglednica 4: Sestava vzorca št. 4**

Surovina	Vsebnost
Glifosat	360 g
Fosfati etoksiliranih alkoholov	100 g
Alkil poliglikozid kitajskega porekla	70 g
Voda	Preostanek do 1 L

Vzorec št. 5:

**Preglednica 5: Sestava vzorca št. 5**

Surovina	Vsebnost
Glifosat	360 g
Fosfati etoksiliranih alkoholov	100 g
Alkil poliglikozid kitajskega porekla	50 g
Alkil poliglikozid evropskega porekla	50 g
Voda	Preostanek do 1 L

Vzorec št. 6:

**Preglednica 6: Sestava vzorca št. 6**

Surovina	Vsebnost
Glikozid	360 g
Fosfati etoksiliranih alkoholov	140 g
Alkil poliglikozid evropskega porekla	80 g
Voda	Preostanek do 1 L

V nadaljnjem besedilu se podatki o pripravkih podajajo s številkami vzorcev; V1 je vzorec 1, V2 je vzorec 2, V3 je vzorec 3, V4 je vzorec 4, V5 je vzorec 5 in V6 je vzorec 6. Vse pripravke smo aplicirali samostojno ali ob dodatku gnojila amon-sulfat.

### **3.3. Tehnika aplikacije pripravkov**

Nanos pripravkov smo izvedli z uporabo eksperimentalnega pršilnika Technoma Euro-Pulve. Nanos je bil izvršen pri porabi vode 250 l/ha. Uporabila se je šoba Teejet XR 110015 pri delovnem pritisku 3 bare. Velikost kapljic (VMD) je bila 125 do 145 mikronov. Pri vseh vzorcih smo uporabili 4 l pripravka na hektar. Vsak vzorec smo

aplicirali v vseh variantah; vzorec brez dodatka gnojila amonsulfat (V1a, V2a, V3a, V4a, V5a in V6a) in vzorec z dodatkom gnojila amonsulfat (V1b, V2b, V3b, V4b, V5b in V6b). Gnojilo amonsulfat (20,6 % N) smo dodajali vodi pred dodajanjem vzorca glifosata.

Dodajali smo 5 kilogramov gnojila amonsulfat na hektar (0,02 % koncentracija). Uporabljena voda je bila iz vodovoda in je imela stopnjo trdote 14 °dH. Temperatura zraka v času nanosa herbicidov je bila 22 °C, relativna zračna vlaga pa 68%. Aplikirani vzorci so se na sončnem vremenu sušili 25 do 30 minut. Štiri dni po aplikaciji rastline niso bile omočene od dežja ali namakanja. Pozneje se je izvajalo običajno namakanje, da se zemlja v loncih ni izsušila. Temperature v obdobju 3 tednov po aplikaciji so se gibale od 9 °C do 23 °C.

Ob aplikaciji pripravkov, so imele rastline njivskega slaka (*Convolvulus arvensis* L.) poganjke z 20 do 35 listi in s 35 do 65 cm dolgimi rizomi debeline 0,5 do 2,3 mm. Teoretični indeks listne površine (LAI) je bil približno 1,35. Rastline niso bile v bujni rasti, delno so razvijale cvetove, delno so že odcvetale. Razmerje mase nadzemnih in podzemnih organov je bilo približno 1,5 / 1 v korist nadzemnih delov.





**Slika 4: Metoda aplikacije glifosata na rastline njivskega slaka (*Convolvulus arvensis* L.) z uporabo eksperimentalnega pršilnika Technoma Euro-Pulve (Kolmanič, 2006)**

### **3.4. Način ocenjevanja učinkovitosti herbicidov**

Učinkovitost herbicidov smo ocenili na dva načina; po metodi vizualnega ocenjevanja ter metodi tehtanja rastlinskih organov. Prvo vizualno ocenjevanje smo izvedli tri tedne po aplikaciji herbicidov in drugo 6 tednov po aplikaciji. Rezultate drugega ocenjevanja nismo upoštevali, ker je bilo izvedeno v obdobju začetka zime in takrat rastline zaključijo z vegetacijo, tako da ni bilo mogoče ločiti propadanja nadzemnega dela rastlin od zaključka vegetacije od tistega zaradi delovanja herbicida.

Učinkovitost s tehtanjem organov, smo določili tako, da smo rastline ločili od zemlje in s škarjami ločili nadzemne dele od rizomov. Tehtali smo samo zelene nadzemne dele ter

sveže, žive rizome. Vse posušene in nekrotizirane rizome smo odstranili. Enak postopek smo naredili pri kontrolnih in pri poškrpljenih rastlinah. Učinkovitost UČ (%) smo računsko izračunali glede na razmerje med masami pri škropljenih in neškropljenih variantah.

$$UČ (\%) = ((MASA KONTROLA - MASÁ ŠKROPLJENO) \div MASÁ KONTROLA) \times 100$$



#### 4. REZULTATI IN RAZPRAVA

##### 4.1. Rezultati vizualnega ocenjevanja učinkovitosti delovanja pripravkov tri tedne po aplikaciji herbicida

**Preglednica 7: Rezultati vizualnega ocenjevanja učinkovitosti delovanja pripravkov tri tedne po aplikaciji**

Varianta A- brez amonsulfata B- z amonsulfatom		Ocena učinkovitosti (% , vizualna ocena, povprečje 25 ocen)		
		Povprečje Standardna napaka	Stat. razlike (HSD <sub>0,05</sub> )	Razpon vrednosti ocen
1	V1A	96,4 ± 7,97	ab	70 - 100
2	V1B	99,9 ± 0,6	a	97 - 100
3	V2A	95,8 ± 9,82	b	60 - 100
4	V2B	96,6 ± 7,66	ab	65 - 100
5	V3A	97,8 ± 9,99	ab	50 - 100
6	V3B	98,3 ± 4,93	ab	80 - 100
7	V4A	97,3 ± 10,1	ab	50 - 100
8	V4B	97,8 ± 9,99	ab	50 - 100
9	V5A	99,6 ± 2,0	ab	90 - 100
10	V5B	99,3 ± 3,03	ab	85 - 100
11	V6A	99,4 ± 1,52	ab	95 - 100
12	V6B	98,4 ± 5,71	ab	75 - 100
Primerjava učinka dodajanja amonsulfata (B – dodan amonsulfat 5 kg / ha / 250 l vode)				
	V 1 – 6 A	97,7 ± 7,86	A	50 - 100
	V 1 – 6 B	98,4 ± 6,09	A	50 - 100

\* Povprečja označena z enako črko se ne razlikujejo statistično značilno glede na rezultate Tukey-vega testa pri ( $\alpha = 0,05$ ).

## 4.2. Rezultati ocenjevanja učinkovitosti delovanja pripravkov šest mesecev po aplikaciji herbicidov z metodo tehtanja organov rastlin

**Preglednica 8: Rezultati ocenjevanja učinkovitosti delovanja pripravkov šest mesecev po aplikaciji z metodo tehtanja organov rastlin**

Varianta A - brez amonsulfata B - z amonsulfatom		Ocena učinkovitosti (% ,metoda tehtanja, povprečje 25 ocen)					
		Povprečje Standardna napaka		Stat. razlike (HSD <sub>0,05</sub> )		Razpon vrednosti ocen	
		listje	rizomi	listje	rizomi	listje	rizomi
1	V1A	90,6 ± 12,2	39,5 ± 20,3	e	de	60 - 100	5 - 81
2	V1B	96,6 ± 5,22	62,5 ± 19,6	abc	a	79 - 100	5 - 90
3	V2A	93,1 ± 10,0	38,9 ± 18,6	cde	e	52 - 100	14 - 100
4	V2B	97,7 ± 5,86	62,9 ± 13,5	ab	a	76 - 100	26 - 78
5	V3A	93,5 ± 10,41	49,8 ± 16,2	bcde	bcd	55 - 100	7 - 78
6	V3B	97,4 ± 4,43	57,7 ± 16,5	ab	abc	86 - 100	12 - 84
7	V4A	96,9 ± 4,64	55,7 ± 18,2	abc	abc	84 - 100	5 - 81
8	V4B	98,7 ± 2,65	56,5 ± 7,9	a	abc	92 - 100	39 - 70
9	V5A	92,1 ± 11,8	47,9 ± 14,8	de	cde	59 - 100	17 - 76
10	V5B	95,4 ± 5,25	56,0 ± 28,1	abcd	abc	78 - 100	5 - 86
11	V6A	95,5 ± 7,65	58,3 ± 16,1	abcd	abc	70 - 100	30 - 100
12	V6B	98,3 ± 3,28	60,0 ± 26,9	a	ab	90 - 100	15 - 89
Primerjava učinka dodajanja amonsulfata (B – dodan amonsulfat 5 kg / ha / 250 l vode )							
	V 1 – 6 A	95,07 ± 16,2		A	A	59 - 100	5 - 100
	V 1 – 6 B	95,9 ± 7,08		A	A	52 - 100	5 - 90

\* Povprečja označena z enako črko se ne razlikujejo statistično značilno glede na rezultate Tukey-vega testa pri ( $\alpha = 0,05$ ).

## 4.3. Razprava

Pri ugotavljanju učinkovitosti delovanja herbicidov na trajne plevela se srečamo z metodološkimi ovirami pri izvajanju poskusov, kar otežuje pridobivanje informacij o stopnji propadlosti plevela. Pri ocenjevanju v krajšem časovnem obdobju po nanosu herbicida dobimo visoke učinkovitosti, nato se pri ponovnih ocenjevanjih učinkovitost

zmanjšuje. Trajni pleveli imajo lahko v tleh veliko založnih organov, ki v času nanosa herbicida nimajo zelenih poganjkov. Ti organi zato ne pridejo v stik z nanosenimi herbicidi. Ko izvajamo ocenjevanja po mesecu dni ali več od nanosa, ne moremo ločiti v kolikšnem obsegu se je obnovitev plevela izvršila iz organov, ki so bili tretirani in v kolikšnem iz organov, ki niso bili v stiku s herbicidom. Če pri ocenjevanju opazimo veliko novih poganjkov iz rizomov, ki niso bili v stiku s herbicidom, bomo delovanje herbicida ocenili slabše, kot je dejansko deloval.

Pri lončnem poskusu vemo, da so bili ob nanosu herbicida vsi organi v stiku z njimi in da je obnovitev vezana izključno na tretirane organe. Če se plevel obnovi vemo, da se je obnovil zaradi premajhnega učinkovanja herbicida. Problem pri lončnem poskusu je, da imamo v loncu razmeroma malo založnih organov in da je razmerje med podzemnimi in nadzemnimi organi drugačno kot v naravi. Pri trajnih plevelih je pogosto podzemna masa nekajkrat večja od nadzemne. Pri njivskem slaku (*Convolvulus arvensis* L.) pogosto 4:1 v korist podzemnih organov. Zaradi tega dobimo v lončnem poskusu vedno nekaj večje učinkovitosti kot v naravi. Količina herbicida, ki prodre v rizomski sistem je v lončnem poskusu večja, kot je v naravi.

V našem poskusu primarni cilj raziskovanja ni bil določitev absolutne učinkovitosti pri danem odmerku, temveč primerjava učinkovitosti med različnimi formulacijami pri istem odmerku aktivne snovi. Pri predstavitvi učinkovitosti pripravkov je potrebno govoriti o obdobju uspešnega zadrževanja razvoja njivskega slaka in ne o pravi stopnji zatiranja zato, ker smo uporabili zmerne komercialne konkurenčne odmerke glifosatnih pripravkov. Iz izkušenj vemo, da s tolikšnimi odmerki slaka ni mogoče dokončno zatreti. Z glifosatom pri zmernih odmerkih (2000 do 2500 g ai/ha) ni mogoče zadovoljivo zatreti slaka, ne glede na formulacijo pripravka. Razlike med formulacijami niso le v deležu rastlin, ki so povsem propadle, temveč predvsem v obdobju zadrževanja razvoja njivskega slaka (*Convolvulus arvensis* L.), to je v obdobju, po kolikšnem času od nanosa herbicida se rastline ponovno obnovijo.

To ima vpliv na tekmovalni odnos z gojeno rastlino, ko se njivski slak (*Convolvulus arvensis* L.) obnovi. Če je zadrževalni učinek dovolj dolg, se med tem gojena rastlina dovolj razvije in slak ni več konkurenčen. Ker gre pri nas pri glifosatih v poljedelstvu za uporabo izven obdobja razvoja poljščin (večinoma strnišča) ima uporaba na strnišču vpliv na tekmovalni odnos v naslednji kulturi.

#### **4.3.1 Razprava glede ocen učinkovitosti pripravkov po treh tednih**

Učinkovitosti po treh tednih so bile v povprečju zelo visoke ne glede na zmeren odmerek glifosata. To je posledica tega, da so imele rastline razmeroma majhno gmoto nadzemnih in podzemnih organov in, da je bila masa nadzemnih organov večja od mase podzemnih organov. Razlike med pripravki so bile zelo majhne. Najvišja učinkovitost je bila dosežena pri V1B (dodajanje amonsulfata) in najnižja pri varianti V2A (brez amonsulfata). Dodajanje amonsulfata je minimalno povečalo učinkovitost pripravkov. Učinek dodajanja se je pokazal predvsem v manjši variabilnosti rezultatov (manjša standardna napaka in manjši razpon ocen za učinkovitost) pri variantah, kjer smo dodali amonsulfat. Glede stopnje učinkovitosti po treh tednih, so bile vse formulacije enakovredne. Ne vemo ali poskusna zasnova ni bila dovolj občutljiva, da nismo opazili razlik, ali pa razlik v kratkotrajnem delovanju herbicida med formulacijami dejansko ni. Verjetno so te razlike tako majhne, da jih ni mogoče spoznati za statistično značilne.

#### **4.3.2 Razprava glede ocen učinkovitosti pripravkov po šestih mesecih**

Najbolj očiten rezultat poskusa je, da se učinkovitost merjena z maso listja ali z maso živega koreninskega sistema med seboj zelo razlikujeta. Pri večini loncev po šestih

mesecih od nanosa herbicidov ni bilo novih razvitih zelenih poganjkov, kar je izkazovalo zelo visoke učinkovitosti (nad 97%). Ko smo ločili zemljo od rizomskega sistema smo opazili, da je še večina loncev vsebovala še žive rizome, kljub povsem odmrlemu nadzemnemu delu rastlin. To kaže, da pri vizualnem ocenjevanju učinkovitosti na podlagi stanja nadzemnega dela rastline, ne moremo povsem objektivno oceniti dolgoročnega delovanja herbicida.



**Slika 5: Razlika med kontrolo (zgoraj) in jeseni aplikaciranimi rastlinami (spodaj) po 6 mesecih od aplikacije (Kolmanič, 2007)**





**Slika 6: Rizomski sistem pri kontrolni rastlini (levo) ter aplikirani rastlini (desno) po 6 mesecih od aplikacije (Kolmanič, 2007)**

Tako pri učinkovitostih v smislu nadzemnega dela, kot glede delovanja na rizome so se med variantami pojavile nekatere razlike, kljub temu, da jeseni pri vizualni oceni ni bilo statistično značilnih razlik. To kaže na razlike v stopnji prizadetosti rastlin njivskega slaka. Glede na obnovev nadzemnega dela, smo najvišjo učinkovitost ugotovili pri varianti V6B in V4B in najnižjo pri varianti V1A. Glede na to lahko sklenemo, da dodajanje alkil poliglikozidov (AP) fosfatom etoksiliranih alkoholov (FEA) poveča učinkovitost glifosatnih formulacij na nadzemni del rastline. Razmerje 100 g FEA / 70 g AP je bilo najbolj ugodno. To razmerje pa ni najbolj ugodno gledano s stališča učinkovitosti na rizome.

Razlike glede učinkovitosti upoštevaje rizomski sistem so večje, kot pri analizi nadzemne mase. Dosežena učinkovitost glede poškodb rizomskega sistema so bile najvišje pri variantah V1B in V2B. Gledano s stališča učinkovitosti na rizome se je kot najbolj

ugodna izkazala formulacija z enakim deležem AP in FEA. Učinkovitost variant V6B in V4B se ni razlikovala od V1B in V2B. Varianta V1A je ponovno dala najslabši rezultat.

Dodajanje amonsulfata je nekoliko izboljšalo učinkovitost, saj so bile pri vseh variantah podvariante B nekoliko boljše od podvariant A. Največji učinek dodajanja amonsulfata je bil pri varianti V1A. Formulacija pri V1 mogoče ne omogoča dobre vezave kationov v primeru trde vode. Dodajanje amonsulfata ima pri formulacijah brez AP večji učinek, kot tam, kjer je dodan AP. To kaže, da AP lahko doseže podoben kemičen učinek.

Razmerje med učinkovitostjo na nadzemni del in na podzemni del se je ohranilo pri vseh variantah. To omogoča povezovanje med rezultati dobljenimi pri oceni učinkovitosti pri nadzemnem delu in pri rizomih. V povprečju lahko rečemo, da znaša učinkovitost na rizome med 60 in 75 % učinkovitosti ugotovljene pri nadzemnem delu rastline.

Različni dodatki glifosatu, v različnih razmerjih povzročijo razlike v hitrosti vstopanja glifosata v rastlino in v hitrosti gibanja po floemu rastline. Posledica je, da v rastlino vstopi različen delež snovi (od 70 do 90 %) in, da se različen delež od tistega, ki je vstopil prenese do podzemnih organov. Pomemben učinek je vezanje kationov, ki se ne vežejo na glifosatno kislino, temveč na dodatke in na spreminjanje strukture listne povrhnjice (nabrekanje pektinskih fibril in razpiranje kanalov med ploščicami kutikolarnih voskov). To je penetrantni učinek. Če so dodatki preveč agresivni, porušijo strukturo povrhnjice, kar zmanjša prehod glifosata v notranjost. Tretji učinek je pospešitev ali upočasnitev hitrosti gibanja glifosatne kisline vezane na dodatek skozi floem. Ta učinek je slabo raziskan. Dodatki lahko preprečijo vezavo snovi iz floemskega soka na glifosatno kislino, kar prepreči oblikovanje konjugatov. Konjugirana glifosatna kislina se večinoma giblje počasneje, ni pa nujno, da je vedno tako. Velik vpliv ima pH floemskega soka. Četrty učinek je učinek na afiniteto vezave glifosata pri ciljnih encimih in izboljšanje substratne specifičnosti.

Najvišje učinkovitosti dosežejo formulacije, ki uspešno vežejo moteče ione in ne porušijo preveč strukture povrhnjice. Fiziološki stres v nadzemnem delu rastline ne sme biti

prehiter, ker upočasni gibanje glifosata proti koreninam. Teoretično lahko višja kratkoročna učinkovitost pomeni manjšo dolgoročno učinkovitost nekega pripravka, ker prehiter stres po aplikaciji upočasni gibanje glifosata proti koreninam. Praktično najboljši rezultat je bil dosežen pri varianti 2, ki je vsebovala glicerin. Morda ima glicerin vpliv na prepustnost povrhnjice slaka in omogoči dolgotrajnejši prehod glifosata ter hkrati upočasni začetni stres.



## 5. SKLEPI

V poskusu smo ugotovili, da imajo pripravki na osnovi glifosata visoko kratkotrajno učinkovitost za zatiranje nadzemnih delov njivskega slaka (*Convolvulus arvensis* L.). Dolgotrajnejša učinkovitost na rizome je nižja od kratkotrajne in navadno znaša približno 75 % učinkovitosti ugotovljene za zatiranje nadzemnih delov.

Razmerje med različnimi formulacijskimi dodatki (fosfati etoksiliranih alkoholov, alkilpoliglikozidi in glicerinom) ima vpliv predvsem na dolgotrajno učinkovitost zatiranja rizomov, ker verjetno vpliva na delež glifosata, ki se po aplikaciji prenese v rizomski sistem slaka.

Zaključimo lahko tudi, da z glifosatom pri zmernih odmerkih (2000 do 2500 g ai/ha) ni mogoče zadovoljivo zatreti njivskega slaka (*Convolvulus arvensis* L.), ne glede na formulacijo pripravka, ampak lahko le zadržujemo razvoj rastline do obdobja, ko se gojena rastlina dovolj razvije, in ji njivski slak (*Convolvulus arvensis* L.) ne predstavlja več prevelike konkurence. V naslednji kulturi se njivski slak (*Convolvulus arvensis* L.) ponovno obnovi.

Dodajanje amonsulfata je nekoliko izboljšalo učinkovitost vseh formulacij, saj so bile pri vseh variantah podvariante z dodanim gnojilom nekoliko bolj, vendar ne statistično izrazito bolj učinkovite. Dodajanje amonsulfata je posebej pomembno, kjer za pripravo škropilne brozge uporabimo zelo trdo vodo in v primerih, ko formulacija vsebuje le fosfate etoksiliranih alkoholov.

Za še bolj učinkovito zatiranje njivskega slaka (*Convolvulus arvensis* L.) potrebujemo še nekaj večje odmerke glifosata od uporabljenih v poskusu ter kombinacijo mehaničnih in kemičnih ukrepov.

## 6. LITERATURA

1. Bavec F. Od njive do mejice in kruha. Univerza v mariboru. Fakulteta za kmetijstvo. 2003:8-9.
2. Best KF. Note on the extent of lateral spread of field bindweed. Canadian Journal of Plant Science. 1963;43:230-232.
3. Best KF. Note on the extent of lateral spread of field bindweed. Journal of Agronomy Research. 1963;60:391-414.
4. Brecke BJ, Duke WB. Effect of glyphosate on intact bean plants (*Phaseolus vulgaris* L.) and isolated cells. Plant Physiology. 1980;66(4):656-659.
5. Brown EO, Porter RH. The viability and germination of seeds of *Convolvulus arvensis* L. and other perennial weeds. Agricultural Experiment Station. Iowa State College Research Bulletin. 1942;294:475-504.
6. Callihan RH, Eberlein CV, McCaffrey JP, Thill DC. Field bindweed: Biology and management. Cooperative Extension System. University of Idaho. College of Agriculture Bulletin. 1990:719 str.
7. Coombs EM. Biological Control of Invasive Plants in the United States. Corvallis Oregon State University Press. 2004:151 str.
8. Franz EJ, Mao MK, Sikorski JA. Glyphosat, a unique global herbicide. American Chemical Society. Washington DC. 1997:1-519.
9. Holm LG, Plucknett DL, Pancho JV, Herberger JP. The world's worst weeds: distribution and biology. The University press of Hawaii, Honolulu. 1977:609 str.
10. Holm LG, Plucknett DL, Pancho JV, Herberger JP. A Geographical Atlas of the Worlds Weeds. Krieger Publishing Co. Malabar. Florida 1991
11. Jurado EM, López GF, González AJL, García LT. Spatial and temporal analysis of *Convolvulus arvensis* L. populations over four growing seasons. European Journal of Agronomy. 2003;21(3):287-296.
12. Kennedy PB, Crafts AS. The anatomy of *Convolvulus arvensis*, wild morning-glory or field bindweed. Hilgardia 1931;18(5):591-622.

13. Lešnik M. Tehnika in ekologija zatiranja plevelov. Ljubljana: Kmečki glas. 2007:161-171.
14. Lyons KE. Element stewardship abstract for Field Bindweed (*Convolvulus arvensis* L.). Evolution and Ecology. University of California at Davis. 1998
15. Maček J, Kač M. Kemična sredstva za varstvo rastlin. 2. dopolnjena izdaja. Ljubljana: Kmečki glas. 1990:224-225.
16. Meyer LJ. The influence of environment on growth and control of field bindweed. Proceedings North Central Weed Control Conference. 1978;33:141-142.
17. Peterson D, Stahlman PW. Field Bindweed: Control in Field Crops and Fallow. Kansas State University Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service. 1989
18. Phillips WM. Field bindweed. Proceedings of North Central Weed Control Conference. 1978;33:140-158.
19. Price CE. The Plant Cuticle. London Academic Press. 1982:237-252.
20. Računalniški program za statistično analizo SPSS for Windows. Standard version 15.0. 2006
21. Schultz ME, Burnside OC. Absorption, Translocation, and Metabolism of 2,4-D and Glyphosate in Hemp Dogbane (*Apocynum cannabinum* L.). Weed Science. 1980;28(1):13-20.
22. Sherrick SL, Holt HA, Hess FD. Effects of adjuvants and environment during plant development on glyphosate absorption and translocation in field bindweed (*Convolvulus arvensis* L.). Weed Science. 1986;34(6):811-816.
23. Spranckle P, Meggitt WF, Penner D. Absorption, Action, and Translocation of Glyphosate. Weed Science. 1975;23(3):235-240.
24. Swan DG, Chancellor RJ. Regenerative capacity of field bindweed roots. Weed Science. 1976;24(3):306-308.
25. Swan DG. Regeneration of field bindweed (*Convolvulus arvensis*) seedlings. Weeds Today. 1983;14(4):3-4.
26. Swisher BA, Shea PJ. Control of field bindweed with glyphosate plus additives. Proceedings North Central Weed Control Conference. 1985:88 str.

27. Weaver SA, Riley WR. The biology of Canadian weeds *Convolvulus arvensis* L. Canadian Journal of Plant Science. 1982;62:461-472.
28. Whitworth JW, Muzik TJ. Differential Response of selected clones of bindweed to 2,4-D. Weeds. 1967;15:275-280.
29. William RD, Ball D, Miller TC, Parker R, Yenish JP, Callihan RH, Eberlein C, Lee GA, Morishita DW. Pacific Northwest Weed Control Handbook. Oregon State University Extension Publication, 1997
30. Williams GM, Kroes R, Munro JC. Safety evaluation and risk assessment of the herbicide Roundup and its active ingredient, glyphosate, for humans. Regulatory Toxicology and Pharmacology. 2000;31:117-165.

Internetni viri:

1. Hartzler B. Which glyphosate product is best?  
<http://www.weeds.iastate.edu/mgmt/2001/glyphosateformulations03.htm> (2.3.2008)
2. Glyphosate  
<http://en.wikipedia.org/wiki/Glyphosate> (2.3.2008)
3. Comprehensive Report Species – *Convolvulus arvensis* L.  
<http://www.natureserve.org/explorer/servlet/NatureServe?searchName=Convolvulus+arvensis> (10.3.2008)

## **7. ZAHVALA**

Za vso podporo in pomoč pri diplomskem delu se zahvaljujem staršem, mentorju dr. Mario Lešniku, asistentu Stanislav Vajsu, ter vsem sošolcem in prijateljem, ki so mi pomagali pri poskusu.