

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Anamarija Vrtar

Diplomski studij Biljna proizvodnja

SUSTAVI ZDRUŽENE SJETVE U POLJOPRIVEDI TROPSKIH
PODRUČJA

Diplomski rad

Osijek, 2020.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Anamarija Vrtar

Diplomski studij Biljna proizvodnja

**SUSTAVI ZDRUŽENE SJETVE U POLJOPRIVEDI TROPSKIH
PODRUČJA**

Diplomski rad

Osijek, 2020.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Anamarija Vrtar

Diplomski studij Biljna proizvodnja

SUSTAVI ZDRUŽENE SJETVE U POLJOPRIVEDI TROPSKIH
PODRUČJA

Diplomski rad

Povjerenstvo za ocjenu i obranu diplomskog rada:

1. Prof. dr. sc. Bojan Stipešević, predsjednik
2. Doc. dr. sc. Bojana Brozović, mentor
3. Prof. dr. sc. Danijel Jug, član



Osijek, 2020.

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. UVJETI UZGOJA TROPSKIH KULTURA	2
2.1. Klima.....	2
2.1.1. <i>Tropska kišna klima (Af)</i>	2
2.1.2. <i>Tropska savanska klima (Aw)</i>	2
2.1.3. <i>Tropska monsunska klima (Am)</i>	2
2.2. Temperatura	3
2.3. Dužina dana i fotoperiodizam	4
2.4. Tlo	4
2.4.1. <i>Tekstura tla</i>	6
2.4.2. <i>Struktura tla</i>	6
2.4.3. <i>Organska tvar</i>	7
2.4.4. <i>Makro i mikroelementi</i>	7
2.5. <i>Združeni usjevi (Intercropping) kao praksa u tropskim predjelima</i>	13
2.5.1. <i>Prednosti i nedostaci združene sjetve</i>	14
2.5.2. <i>Učinkovitost upotrebe vode (WUE)</i>	15
2.5.3. <i>Učinkovitost korištenja hranjivih tvari (NUE)</i>	15
2.5.4. <i>Učinkovitost upotrebe zračenja (RUE)</i>	16
2.5.5. <i>Korovi</i>	16
2.5.6. <i>Alelopatija</i>	17
2.5.7. <i>Štetnici i bolesti</i>	19
2.5.8. <i>Određivanje produktivnosti združenih usjeva</i>	19
3. ZDRUŽENA SJETVA U TROPSKIM PODRUČJIMA	21
4. ZAKLJUČAK	32
5. LITERATURA	33
6. SAŽETAK	41
7. SUMMARY	42
8. POPIS SLIKA	43
TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA	
BASIC DOCUMENTATION CARD	

1. UVOD

Tropsko područje ili tzv. tropi, područje je između dva pojasa visokog tlaka, nalazi se između 23,5° sjeverne i 23,5° južne geografske širine, odnosno između obratnica. Dužina dana u tropima traje od 10,5 do 13,5 sati, najčešće 12 sati pa je tako jednaka dužina dana i noći (Webster i Wilson, 1980.). Godišnji prosjek temperatura u tropima je 25 °C. Klima ima značajan utjecaj na prirodu i prirodnu vegetaciju, karakteristike tala, na usjeve koji su uzgajani i na tip proizvodnje ovisno o regiji. Postoji više klimatskih zona pa je zato poljoprivredna proizvodnja raznovrsna. Glavni čimbenici zbog kojih postoji više klimatskih zona jesu planetarni pojasevi tlaka te sustav vjetrova i zračnih masa. Zbog specifičnosti agroekoloških uvjeta česta je pojava združenih usjeva u tropskom području. Združena sjetva ili konsocijacija podrazumijeva uzgoj više kultura u isto vrijeme na istom mjestu. Zbog bolje iskoristivosti zemljišta i ostvarivanja većih i stabilnijih prinosa u specifičnim agroekološkim uvjetima smatra se kako je to budućnost poljoprivredne proizvodnje u tropskim područjima.

Cilj ovog rada je opisati i pregledno prikazati ulogu i značaj sustava združene sjetve u poljoprivredi tropskih područja.

2. UVJETI UZGOJA TROPSKIH KULTURA

Poljoprivredna proizvodnja u tropskim područjima prilagođava se okolnostima okoliša u kojem su se proizvođači našli. Zahvaljujući većoj informiranosti o poljoprivrednim sustavima, osmišljeni su načini uzgoja za gotovo sve klimatske i društvene situacije unutar tropa (Ruthenberg, 1971.).

2.1. Klima

Tropsko područje odlikuje više klimatskih zona što pogoduje raznovrsnijoj poljoprivrednoj proizvodnji. Jedno od glavnih obilježja klime jesu vruća ljeta i vrlo tople zime. Najhladnija izoterma koja omeđuje tropske krajeve iznosi 18°C što je prosječna mjesečna temperatura najhladnijeg mjeseca, a područja na kojima najhladniji mjesec ima temperaturu ispod 18°C ne smatraju se tropima. Podjela klime na tri glavna tipa je: tropska kišna klima ili prašumska klima, tropska savanska i tropska monsunaska klima (Slika 1).

2.1.1. *Tropska kišna klima (Af)*

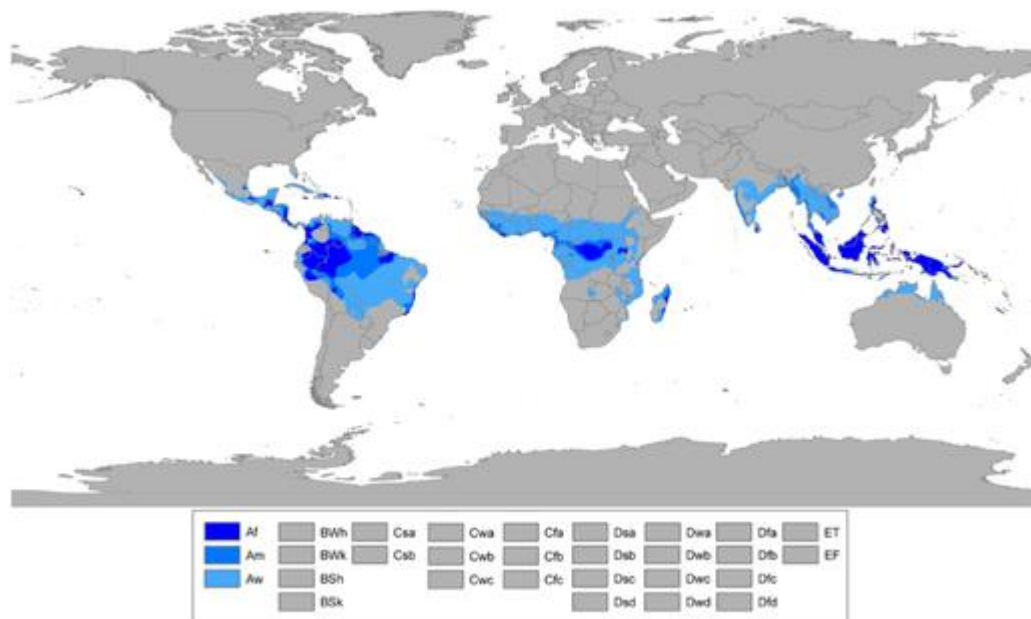
Tropska kišna klima ili drugim nazivom prašumska klima, područje je od ekvatora do otprilike 10 – 12 °C južne i sjeverne geografske širine. Na tom području rastu prašume (tropske kišne šume) gdje je zrak veoma zagušljiv zbog truljenja biljnog svijeta te je prisutan veliki postotak vlage u zraku. Kiša pada svakodnevno, a najčešće je to oko podneva ili ranog poslijepodneva.

2.1.2. *Tropska savanska klima (Aw)*

Područje koje se prostire od prostora prašumske klime do 23,5 °C sjeverne i južne geografske širine. Savansku klimu karakterizira neujednačenost padalina, dolazi do izrazito vlažnog te izrazito suhog razdoblja. Zime su suhe zbog utjecaja suhih pasata (vjetrovi koji pušu od zone visokog tlaka), a ljeta su kišovita zbog utjecaja vlažnih ekvatorskih zračnih masa. Vegetacija je veoma oskudna, raste samo visoka trava – savana, koja može narasti do 2 m.

2.1.3. *Tropska monsunaska klima (Am)*

Takva klima je prijelazni tip između tropske kišne i savanske klime. Obilježava je izrazita sezonska raspodjela kiše što uzrokuju sezonski vjetrovi, odnosno monsun. Monsun je izmjenični vjetar koji ljeti puše od mora prema kopnu te donosi padaline, a zimi puše od kopna prema moru.



Slika 1. Tipovi tropskih klima u svijetu
 (Izvor: <http://thebritishgeographer.weebly.com/the-climate-of-tropical-regions.html>)

2.2. Temperatura

Temperature su uglavnom visoke, a temperaturni rasponi veći su u područjima suhog podneblja, nego u područjima koja imaju vlažnu ekvatorijalnu klimu, zonama na obali gdje je često vjetrovito ili područjima monsunske klime. Ljeti temperature u tropima mogu dosegnuti čak do 40 °C, zimi su prosječno oko 15 °C, a srednja tropska klima iznosi oko 22 °C.

Niska temperatura obično nije ograničavajući faktor pri proizvodnji usjeva u tropima, osim na većim nadmorskim visinama. Svakih 100 m visine, temperatura opada za 1 °C zato što se atmosferska toplinska energija uglavnom dobiva od Zemljine površine i indirektnog Sunčevog zračenja. Webster i Wilson, 1980. navode kako temperatura može pasti za 1 – 8 °C svakih 300 m visine što značajno utječe na poljoprivrednu proizvodnju. Primjerice, u Keniji je oštar kontrast između proizvodnje tropskih usjeva na područjima morske razine i na područjima ekstenzivnog uzgoja na razinama iznad 2000 m nadmorske visine, gdje je uglavnom prisutna proizvodnja žitarica, odnosno pšenice, ječma i zobi te ispaša stoke na prirodnim ili zasijanim pašnjacima. Poljoprivrednici tropskih područja koji žive u predjelima do 1500 m nadmorske visine pa i više, uzgajaju kulture poput prosa, marelice, pamuka i sl. Često se susreću sa gubicima jer su

temperature manje od optimalnih što dovodi do posljedica na rast i razvoj biljke, a na kraju i na sam prinos.

Neke tropske kulture zasigurno mogu podnijeti više temperature od drugih, a neke su čak i otpornije na sušu kao npr. sirak i proso. Štetni učinci visokih temperatura obično su povezani s pristupačnošću vode biljci, primjerice visoke temperature i niska vlažnost zraka utječu na razvoj kukuruza, može doći do odlijevanja pamuka te preranog opadanja plodova s određenih voćki.

2.3. Dužina dana i fotoperiodizam

Na ekvatoru dužina dana je gotovo konstantna, dan traje 12 sati, sezonski se mijenja, ali gotovo neznatno pa tako razlika između najkraćih i najduljih dana iznosi 70 minuta.

Fotoperiodizam je pojava u kojoj biljke u svjetlosnom stadiju počinju reagirati na duljinu trajanja dnevne svjetlosti. Prema tome dijele se u tri skupine: biljke kratkog dana, biljke dugog dana te neutralne biljke. Biljke kratkog dana cvjetaju kada je dan kraći od 14 sati, neke od njih su kukuruz, soja, duhan, batat, riža itd. Ako biljke kratkog dana budu prebačene u područje dugog dana, one će razviti bujnu vegetativnu masu, produljuje se vegetacija te ne prelaze iz vegetativne u generativnu fazu. Biljke dugog dana cvjetaju kada dan traje 14 ili više sati, kao što su pšenica, raž, zob, šećerna repa itd. Biljke dugog dana koje su prebačene u područje još dužeg dana skraćuju svoju vegetaciju. Učinak dužine dana najistaknutiji je u pogledu cvatnje, iako postoje i drugi čimbenici koji utječu na vegetativni rast, uključujući stvaranje lukovice i gomolja (Webster i Wilson, 1980.).

2.4. Tlo

Tlo je prirodno tijelo nastalo iz rastresite stijene ili na trošini čvrste stijene pod utjecajem pedogenetskih čimbenika ili kao rezultat pedogenetskih procesa (Gračanin, 1946.). Tropska tla dijele se na više tipova, a općenito su nepovoljna za uzgoj usjeva zbog svoje smanjene plodnosti nastale ispiranjem uslijed jakih kiša, istrošenosti, izrazite kiselosti (pH 4,2 – 5,0), slabog kapaciteta izmjene kationa (KIK), ali imaju dobru ocjeditost te povoljnu strukturu. U dolini Amazone, plodna tla nalaze se u naplavnoj dolini – "*varzea*", a ne na uzvisinama kišne prašume – "*terra firma*".

Glavni tipovi tropskih tala su:

- Ferrasoli (Oxisol)

Terra rosa – crvenice, ujedno i naistrošenija tla, crvenu boju imaju zbog visokog sadržaja željezo i aluminij – oksida. Crvenica je karakteristična vrsta tla za suptropske i sredozemne kršne regije. Ono je teško, zbijeno tlo s malim sadržajem humusa, koji je otprilike 1 – 3 %. Crvenica je pogodna za uzgoj voća (npr. maslina, smokva) te za uzgoj vinove loze.

- Acrisoli (Ultisol)

To su teška glinena tla koja su vrlo isprana i kisela, pH je ispod 5, također su crvene boje zbog željezovog oksida. Sadrže više od 30 % glinenih čestica, a u oraničnom sloju čak i 40 %. Takva tla nepogodna su za uzgoj korjenastog i gomoljastog bilja, pogodnija su za ozime kulture, a preporuka je da na takvim područjima budu pašnjaci.

- Luvisoli (Alfisol)

Mlada tla koja imaju pH vrijednost 5 – 6, matični supstrat bogat je željezom i aluminijem, a podložan je brzom zakiseljavanju u intenzivnoj poljoprivredi. Takva tla formiraju se na ilovastim supstratima ili stijenama, povezuje ih se sa humidnim područjima u kojima se mogu formirati descentni tokovi vode

- Aluviji (Entosol)

Također mlada tla koja su rastresita i porozna, a proces nastanka takvih tala započinje erozijom, nastavlja preoblikovanjem tekućicama te završava taloženjem, tj. stvaranjem aluvijalnih sedimenata. Aluvijaska tla sastoje se od sitnih čestica mulja i gline te većih čestica poput pijeska i šljunka. Iako je količina humusa mala, 1 – 2 %, aluviji su pogodni za uzgoj vrbe i topole.

- Latosol (Oxisol)

Latosol je bilo koje tropsko tlo koje je sastavljeno od hidroksida gline, niske pH vrijedosti i gotovo nikakve plodnosti. Takva tla su crvene ili žućkasto – crvene boje. Vrlo malen sadržaj humusa nalazi se odmah ispod biljnih ostataka, a pri sve većim dubinama je neplodno zbog brzog ispiranja tla pa takva tla nisu pogodna ni za kakav uzgoj.

Plodnost tla može se definirati kao sposobnost tla da omogući uvjete povoljne za rast i razvoj biljnog organizma, odnosno da omogući biljci dovoljnu opskrbljenost vodom i hranjivim sastojcima. Glavni čimbenici koji pridonose plodnosti tla su: količina organske tvari, dostupnost makro- i mikroelemenata, reakcija tla te tekstura i struktura (Webster i Wilson, 1980.).

2.4.1. *Tekstura tla*

Osim šljunka i kamena, mineralne čestice tla klasificiraju se na osnovi njihovih promjera. Čestice tla svrstavaju se u tri klase (Vukadinović, 2017.).

- Pijesak (0,02 – 2,0 mm)
- Prah (0,002 – 0,02 mm)
- Glina (< 0,002 mm)

Tekstura, kao što je ilovasti pijesak, pjeskovita ilovača, ilovača, glinasta ilovača, praškasta ilovača i glina, odnosi se na relativne omjere glavnih čestica – pijeska, praha i gline. Čestice utječu i na stabilnost agregata, vodopropusnosti, zadržavanju vode i hranjivih elemenata.

Pjeskovita tla najčešće su svijetle boje zbog malog sadržaja humusa te su obično smještena uz vodotokove. Mehanički sastav pjeskovitih tala sadrži 80 – 100% pijeska, 0 – 10% praha i 0 – 10% gline. Ona su vrlo propusna i zadržavaju malo vode nakon kiše ili navodnjavanja, porozna su, a upijaju i više od 50 mm vode po satu (Vukadinović, 2017.). Nakon upijanja vode brzo se suše pa stoga je kratak period zadržavanja vode za potrebe biljaka.

Ilovasta tla česta su, posebice u ravničarskim dijelovima i nizinama. Mehanički sastav sastoji se od 25 – 50% pijeska, 30 – 50% praha i 10 – 30% gline. U odnosu na pjeskovita tla, ilovasta su znatno težeg mehaničkog sastava, ali dovoljno propusna za vodu. Sadrže malo organske tvari i podložna su zbijanju zbog viskog udjela praha. Poprilično zadržavaju vodu nakon kiše ili navodnjavanja, upijaju 5 – 20 mm vode po satu, rahla su i dovoljno porozna.

Glinasta tla su vrlo slabo propusna tla u kojima dolazi do "ležanja" vode nakon obilnih kiša ili navodnjavanja, dosta teško se obrađuju i u vlažnom i u suhom stanju, upijaju manje od 5 mm vode po satu. Sadrže 0 – 45% pijeska, 0 – 45% praha te 50 – 100% gline. Takva tla su kompaktna, čvrstu vežu vodu i sadrže malo vode dostupne za biljke.

2.4.2. *Struktura tla*

Međusobni prostorni raspored krutih čestica naziva se struktura tla. Povoljna tekstura i struktura tla označavaju dobru poroznost, prozračnost tla te dobre uvjete za rast korijena. To je od velike važnosti za poljoprivrednu proizvodnju jer raspodjela pora znatno određuje je li tlo povoljno za razvoj korijena te same biljke. Neka tropska tla imaju dobru i stabilnu strukturu zbog čestica koje se drže zajedno. Takva tla otporna su na strukturnu degradaciju i eroziju te se mogu

obrađivati godinama bez izrazitog pogoršanja fizičkih svojstava. Više faktora utječe na narušavanje strukture tla, kao npr. kada je tlo izloženo direktnim sunčevim zrakama, visoka temperatura tla pa čak i kultivacija. Usitnjavanjem tla kada je presuho narušava se struktura, isto tako lomljenjem, razmazivanjem i sabijanjem kada je previše vlažno tlo. Održavanju strukture tla pridonose biljni pokrovi, malčevi te minimalna i pravodobna kultivacija. Kada nastupi kišna sezona, prakticira se zaštititi tlo nekim pokrovom zbog snažnih tropskih kiša.

2.4.3. *Organska tvar*

Organska tvar potječe od više ili manje razloženih živih organizama koji ponovno stvaraju organske spojeve tla. Inertnu organsku tvar tla predstavljaju krupnije čestice organske tvari koje su zadržale svoju organiziranu strukturu žive tvari. Frakcije čije čestice imaju svojstva koloidnih micela označavaju se kao humus i humusne kiseline (Vukadinović, 2017.). Relativno brza razgradnja svježeg organskog materijala dodanog dobro prozračnim, vlažnim, tropskim tlima dovodi do stvaranja humusa. Humus, koji sadrži velik dio dušika, fosfora i sumpora, koji su bili prisutni u izvornim biljnim ostacima, kao i neki drugi elementi, nije krajnji proizvod dostupan biljkama. Razgradnjom koju vrše mikroorganizmi tla, humus dolazi u oblik koji je dostupan biljkama (Webster i Wilson, 1980.). Zbog svoje koloidne prirode, humus dobro usvaja vodu i na taj način povećava sposobnost tla za zadržavanje vode, a ima važan utjecaj i na strukturu tla. Oksidi željeza i aluminijski vjerojatno imaju zaštitne učinke i to može biti razlog posebno visokih razina organske tvari u glinastim tlima, kao i činjenica da je sadržaj organske tvari u latosolima ponegdje veći nego što inače jest (Greenland, 1965.). U toplim tropskim uvjetima, većina organskih tvari brzo se razgrađuje, što rezultira brzim, ali kratkoročnim oslobađanjem hranjivih tvari u područjima s naizmjeničnim vlažnim i suhim sezonama (Ruthenberg, 1971.). Brzina razlaganja humusa ovisi o tipu tla i njegovom početnom udjelu organske tvari te o klimatskim i agronomskim čimbenicima, npr. aeracija, visoke temperature, vlaga.

2.4.4. *Makro i mikroelementi*

Dušik

Prirodni dušik koji opskrbljuje biljku dobiva se mineralizacijom organske tvari tla, simbiotskom i nesimbiotskom fiksacijom atmosferskog dušika te kišnicom. Samo dio tog dušika, 50 – 60 % dobiva biljka, ostalo se gubi ispiranjem u dublje slojeve tla i denitrifikacijom. Gubici uzrokovani ispiranjem veći su na dobro dreniranim tlima koji se događaju zbog obilnih kiša, a otprilike 5 %

dostupnog dušika izgubi se denitrifikacijom u jednoj sezoni (Webster i Wilson, 1980.). Ako za vrijeme vegetacijske sezone vlada suša ili razdoblje sa jako malo oborina, također se može smanjiti usvajanje dušika. Godišnji gubitak varira ovisno o količini oborina i području. Nye i Greenland, 1960. navode kako je u Gani došlo do gubitka dušika od 15 kg ha^{-1} uslijed 185 cm oborina. U Maleziji, 1965. godine, gubitak iznosi $20 \text{ kg dušika ha}^{-1}$, količina oborina te godine bila je 250 cm . Velika vrijednost gubitka dušika zabilježena je u sjevernom dijelu Nigerije, gdje je ona iznosila čak 58 kg ha^{-1} (Jones, 1961.). Za bilo koji skup stabilnih uvjeta okoliša, bila to netaknuta šuma, savana ili održivi sustav gospodarenja usjevima, organski dušik iz tla teži karakterističnoj ravnotežnoj razini gdje se dušik iz biljnih ostataka pretvara u anorganske oblike mineralizacijom organske tvari. Neka djevičanska šumska tla na kojima se nalazi relativno visoka razina organske tvari mogu tlo opskrbiti dostupnim dušikom tijekom prvih nekoliko godina uzgoja nakon krčenja šuma, ali ako se uzgoj svake godine nastavlja bez dodavanja gnojiva, dolazi do smanjenja opskrbljenosti dušikom, a izvor dobivanja ostaje kiša ili dušik dobiven nesimbiotskom fiksacijom. Mineralizacija u početku uključuje razgradnju organske tvari gljivicama i bakterijama uz oslobađanje amonijaka. Brzina mineralizacije i količina oslobođenih nitrata ovisi o tipu tla, pH vrijednosti tla, količini i izvoru organske tvari, vodnom režimu tla i temperaturi. U tropskim područjima, gdje su padaline dobro raspoređene, mineralizacija se odvija prilično brzo, a razina nitrata pomalo fluktuirajuća povećavajući se tijekom razdoblja umjerenih kiša i opadajući zbog ispiranja u dublje slojeve tla uslijed jakih kiša. S druge strane, izražena sezonska fluktuacija razine nitrata u tlu događa se u područjima gdje dolazi do izmjene vlažne i sušne sezone. To je zanemarivo zbog činjenice da ako su tla izložena naizmjeničnim razdobljima sušenja i vlaženja, nakon toga nastaje niz mikrobioloških aktivnosti, tako da se razgrađuje više humusa nego ako se tlo stalno vlaži i dobro prozračuje. Semb i Robinson, 1969. godine uzeli su uzorke tala na 13 lokacija u istočnoj Africi, u intervalima, na početku kišne sezone i nakon, svi uzorci uzeti su sa površina koje su se obrađivale godinama, ali za vrijeme pokusa nisu se izvodile nikakve poljoprivredne operacije. Na svim lokacijama došlo je do povećanja koncentracije nitrata na početku kišne sezone i to 13 do 183 kg N ha^{-1} na dubini od $0 - 40 \text{ cm}$. Poslije obilnih kiša dolazi do povećanog gubitka nitrata na gotovo svim lokacijama pri dubini od $0 - 20 \text{ cm}$, ali i do povećanja na dubini od $20 - 40 \text{ cm}$. Nakon obilnih i jakih kiša dolazi do ispiranja nitrata u još dublje slojeve tla. Stoga se preporuča da se u područjima kišne sezone, sjetva ili sadnja obavi ranije na početku kiša kako bi biljke stigle

iskoristiti nitrata iz gornjeg dijela tla prije nego što dođe do ispiranja. Obilne kiše uobičajene su na početku kišne sezone, a kako već zasijane kulture iskorištavaju samo djelić površinskog tla, dio nitrata izgubit će se ispiranjem pa je kasnije moguć nedostatak dušika u kritičnim fazama njihovog rasta. U tropskim područjima uzgaja se mnoštvo kultura, a većina tropskih tala ne može osigurati dovoljnu količinu dostupnog dušika iz tla za optimalan rast i razvoj biljaka i naposljetku prinose. Slobodne nitrofiksirajuće bakterije pronađene su na mnogim tropskim tlima, one aerobne iz roda *Azotobacter* i *Beijerinckia* i one anaerobne rodova *Clostridium*. Meiklejohn, 1962. ispitivao je prisutnost navedenih bakterija na tlima u Gani i došao do saznanja da su šumska tropska tla i savane dobro opskrbljena fiksatorima dušika. Broj bakterija iz roda *Azotobacter* smanjuje se padom pH vrijednosti tla, također bakterije nisu značajno aktivne u tlima čija pH vrijednost iznosi više od 6,0. Bakterije roda *Beijerinckia* prevladavaju u kiselim tlima, imaju poseban značaj u tropima jer nemaju potrebu za kalcijem, a imaju izrazito visoku tolerantnost na kiselost. Kako su te bakterije anaerobi, često su u stanju "mirovanja", ali mogu fiksirati dušik u anaerobnim "džepovima" koji često postoje u tlima za koje se smatra da su dobro prozračena. Također, postoji još puno vrsta bakterija koja se nalaze u tropskim tlima i koje fiksiraju dušik, kao npr. *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Escherichia*, *Derzia*, *Spirillum* i *Bacillus* (Jurgensen i Davey, 1970.). Kod većine tropskih trava i žitarica prisutna je značajna aktivnost nitrogenaze u njihovim rizosferama, kao npr. kod sirka, kukuruza, riže, šećerne trske i dr.

Fosfor

Fosfor u tlu nalazi se u organskom i anorganskom obliku. Dio fosfora u anorganskom obliku je u mineralima tla ili kao adsorbirani anioni na koloidima tla, a dio fosfora koji je u organskom obliku nalazi se u humusu. Iz oba oblika, fosfor se polako oslobađa kako bi se održavala vrlo niska ravnotežna koncentracija dostupnog fosfora u otopini tla. U kiselim tropskim tlima, anorganski oblik fosfora uglavnom je u obliku lako topivih spojeva željeza i aluminija, dok su oblici organskog fosfora promjenjivi, ali čine velik udio ukupnog fosfora u tlu (Webster i Wilson, 1980.). Nye i Stephens, 1962. godine objavljuju rezultate istraživanja u Gani gdje su utvrdili da u prvih 15 cm tla sadržaj ukupnog fosfora iznosi 20 – 30 %, dok Friend i Birch, 1960. godine navode kako u većini Istočnoafričkih tala udio fosfora iznosi čak 80 %. Većina tropskih tala sadrži malo ukupnog i vrlo malo dostupnog fosfora, osim nekih novijih vulkanskih tala, obalnih i unutrašnjih aluvijskih i lakustrinskih naslaga. Postoji mogućnost da se fosfati mogu

kretati niz profil do određene mjere kao topljivi organski spojevi koji se zatim razgrađuju (Webster i Wilson, 1980.). Fosfati anorganskog oblika, bilo kao prirodni ili aplicirani, topivi ili djelomično topivi ili kao fosfatna gnojiva ne ispiru se u donje slojeve tla, osim možda na pješćanim tlima gdje se nalaze kao spoj sa željezom i aluminijem, a u vapnenastim tlima s kalcijem. Na tropskim tlima gdje je primijenjen topivi monokalcijev fosfat, fosfor se fiksira, odnosno pretvara u relativno netopive spojeve koji tijekom godina polako otpuštaju fosfate. Dokazano je kako se ograničavanjem jako kiselih tala na pH vrijednost 5,5 povećava raspoloživost fosfata uglavnom uklanjanjem aluminija, ali djelomice i ubrzavanjem razgradnje organske tvari i mineralizacijom organskog fosfata.

Kalij

Kalij je makroelement za kojim biljke imaju veliku potrebu te se smatra izravno dostupnim biljkama (Webster i Wilson, 1980.). Biljci neraspoloživi kalij može se nalaziti u kristalnoj rešetci nekih silikatnih minerala u tlu poput feldspara iz kojih se vremenom može otpuštati u većini tala humidnih tropa na višim nadmorskim visinama. Biljke se značajno razlikuju po potrebama za kalijem i učinkovitosti s kojom ga mogu usvojiti, posebice iz tala s malim sadržajem ovog elementa. Usvajanje kalijevih gnojiva veće je i češće na šumskim tlima nego na savanama. Djelomice zbog toga što savane imaju relativno nizak sadržaj organske tvari i nizak kationski izmjenjivački kapacitet (KIK), tako da su niske količine izmjenjivog kalija dovoljne za postizanje odgovarajućeg postotka zasićenosti kalijem, dok šumska tla s većim sadržajem organske tvari zahtijevaju veće količine izmjenjivog kalija da bi se održao zadovoljavajući postotak zasićenosti kalijem. Naravno uključeni su i neki drugi faktori, a postoje izrazite razlike u usjevima koji se uzgajaju u različitim zonama. Krčenjem i izgaranjem šuma dobiva se pepeo koji sadrži kalij, on se taloži na površinu tla i osigurava dovoljnu količinu kalija, posebice za drvenaste kulture, narednih nekoliko godina.

Sumpor

Sumpor biljke apsorbiraju gotovo u cjelosti kao sulfatni ion, ali većina sumpora na površinskim tlima nalazi se u organskom obliku, a njegovo nakupljanje i mineralizacija povezano je s nakupljanjem i razgradnjom organske tvari tla (Webster i Wilson, 1980.). Manje količine anorganskog sumpora također su obično prisutne kao vodotopive ili vezane na kaolinitne minerale gline ili na hidroksi - okside željeza ili aluminija. Anorganski sumpor može se također

pojaviti u različitim količinama u dubljim slojevima tla, kao gips ili pirit, ovisno o uvjetima odvodnje. Sulfatni ion lako se ispiru te su ukupne i pristupačne količine sumpora niske u intenzivno vlaženim i ispranim tlima. Nedostaci sumpora na usjevima nisu često prisutni zbog upotrebe mineralnih gnojiva koja sadrže i sumpor, ali simptomi nedostatka sumpora i reakcija usjeva na gnojidbu sumporom istraživani su u mnogim dijelovima tropa. Nedostaci sumpora osobito su povezani sa savanskim tlima, vjerojatno zato što sadrže manje organske tvari nego šumska tla i povezana su s dugim periodima godišnjih gorenja kada sumpor u vegetaciji isparava kao sumporov dioksid. U zapadnoafričkim savanama biljke kao što su pamuk, kikiriki i krmne kulture dobro su reagirale na sumpor, žitarice toliko i ne, dok su na nekim visoravnima u Zambiji izraženi prinosi kukuruza zbog primjenjenog sumpora (Vogt, 1966.). Šumska tla s puno organske tvari obično su dobro opskrbljena sumporom, iako ne mora uvijek biti tako, primjerice u područjima na Malaviju gdje se uzgaja čaj, djevičanska tla sadrže 160 mg kg^{-1} ukupnog i $1 - 5 \text{ mg kg}^{-1}$ pristupačnog sumpora (Grant i Shaxson, 1970.), a nedostatak sumpora u čaju odavno je poznat (Storey i Leach, 1933.).

Kalcij, magnezij i reakcija tla

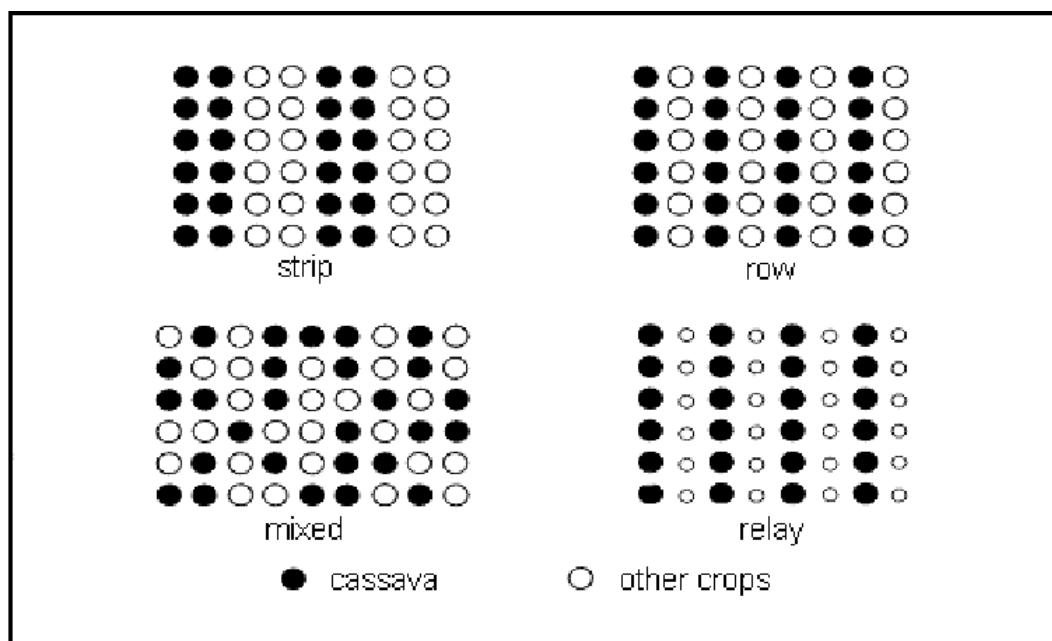
Kalcij i magnezij ključni su elementi za rast i razvoj biljke imajući neizravan učinak na ishranu te također utječu i na pH vrijednost tla. Tla mogu sadržavati rezerve navedenih elemenata u mineralima ili kao katione u slojevima nekih minerala gline, a iz oba izvora kalcij i magnezij mogu se polako otpuštati i vezati na adsorpcijski kompleks tla ili biti prisutni u otopini tla. Tla mogu sadržavati rezerve ovih elemenata u prirodnom obliku ili kao djelomično potrošene mineralne čestice kao katione u unutrašnjim slojevima nekih minerala gline iz kojih kalcij i magnezij mogu biti postupno otpušteni u vodenu otopinu tla ili vezani na adsorpcijski kompleks tla. Kako se oba elementa lako ispiru, tla koja primaju više oborina sadrže manje kalcija i magnezija. Latosoli koji su već "isprani i iscrpljeni" sadrže male količine ukupnog i dostupnog kalcija i magnezija u usporedbi s većinom umjerenih tala. Međutim, ispiranje kationa, čak i pod obilnim kišama može biti ograničeno nedostatkom ravnoteže aniona. Nye i Greenland, 1960. godine, istaknuli su, budući da u kiselim tlima mogu postojati samo male količine slobodnih bikarbonatnih iona, opseg do kojeg se kationi mogu ukloniti iz adsorpcijskog kompleksa, izmjenom vodikovih iona i ugljične kiseline i ispirati se kao bikarbonati, mora biti prilično ograničen. U neutralnim i blago alkalnim tlima, ioni kalcija pretežno su zamjenjivi. U kiselim tlima, koja mogu nastati zbog ispiranja kalcija i magnezija, prevladavaju izmjenjivi ioni

aluminija. Iznad pH 5 – 6 većina tala ima vrlo malo izmjenjivog aluminija, ali mineralna tla vlažnih tropa koja imaju pH vrijednost manju od 5 mogu imati visoki postotak zasićenosti aluminijem i sadržavati malo kalcija i magnezija (Webster i Wilson, 1980.). Štetni učinci kiselosti tla na rast usjeva nisu izravno uzrokovani vodikovim ionima u otopini tla, ali mogu biti posljedica nedostatka kalcija i magnezija, toksičnosti aluminija ili toksičnosti mangana ili više čimbenika odjednom, ovisno o usjevima i tlu. Mnoge tropske kulture tolerantne su na kiselost tla, ali tamo gdje su se pojavili štetni učinci postoje dokazi da su često posljedica visokog postotka izmjenjivog aluminija što rezultira koncentracijom aluminija u otopini tla koja ograničava rast korijena i uzrokuje nakupljanje aluminija u korije u toj mjeri koja ometa unos i translokaciju fosfata, kalcija i kalija (Webster i Wilson, 1980.). Dokazano je da je ograničeni rast korijena pamuka na kiselim tlima pripisan toksičnosti aluminija (Adams i Pearson, 1970.), a rast korijena sirka i kukuruza obrnuto je povezan s količinom prisutnog izmjenjivog aluminija (Ragland i Coleman, 1959.). Kamprath, (1970.) ustanovio je da je porast pamuka smanjen za 10 % zbog zasićenosti aluminija izmjenjivim efektivnim kapacitetom izmjene kationa, soje za 20 %, a kukuruza za 45 %. Rast šećerne trske smanjen je na tlu sa 70 %-tnim aluminijским zasićenjem, a smanjenje zasićenosti na 30 % dovelo je do četverostrukog porasta (Abruña-Rodríguez i Vicente-Chandler, 1967.). S druge strane, neke tropske kulture dobro podnose kisela tla, kao što su ananas, kava, kaučukovac i manioka, a one također toleriraju i visoku razinu izmjenjivog aluminija. Za neke kulture, poput kikirikija i sisal – konoplje, odavno je poznato da imaju značajne potrebe za kalcijem kao hranjivim elementom, dok su druge kulture poput duhana i uljne palme osjetljive na nedostatak magnezija. Otkriveno je da na kiselim tlima u Kolumbiji s puno izmjenjivog aluminija, riža, manioka, indijski orah, mango, citrusi i neke krmne mahunarke dobro reagiraju na mali dodatak vapna, 150 – 500 kg ha⁻¹ koji sadrži kalcij kao hranivo, dok teža obrada, dodavanje od 2 t ha⁻¹ smanjuje prinose nekih usjeva, naročito manioke i indijskog oraha (Webster i Wilson, 1980.). Za razliku od toplijih krajeva, u tropskim područjima provedeno je vrlo malo kalcizacije tala. Dokazi o štetnim učincima aluminija govore da je na kiselim tlima bolje neutralizirati aluminij ograničavajući pH vrijednosti tla na 5,5 nego na pH 6 – 7. Također, prekoračenje pH vrijednosti veće od 6 – 7 može biti štetno zbog smanjenja dostupnosti fosfora i induciranjem nedostatka cinka, bora i mangana.

2.5. Združeni usjevi (Intercropping) kao praksa u tropskim predjelima

Uzgoj dvije ili više kultura istovremeno na istom zemljištu može biti podijeljeno u četiri različite kategorije. Grossman i Quartes, 1993. podijelili su četiri osnovna rasporeda sjetve (Slika 2.):

1. Sjetva/sadnja u redove
 - dva ili više usjeva istodobno zasijana u karakteristične redove
2. Sjetva/sadnja u trake
 - dva ili više usjeva posijana zajedno u trake, dovoljno široke da se omoguće odvojene poljoprivredne operacije strojevima, ali dovoljno blizu da usjevi imaju međusoban utjecaj
3. Mješovita sjetva/sadnja
 - dva ili više usjeva zajedno bez ikakvog rasporeda
4. "Relay" sjetva/sadnja
 - sjetva/sadnja kulture u već postojeći usjev koji je u reproduktivnoj fazi ili je dovršio svoj razvoj, ali nije spreman za žetvu



Slika 2. Primjer rasporeda združenog usjeva s biljkom manioka
(Izvor: https://www.researchgate.net/figure/Examples-of-intercropping_fig4_265217055)

Primarni cilj svih poljoprivrednika (Barker i Norman, 1975.) je održati proizvodnju na razuminih razinama i niskim rizicima kako bi se podmirile njihove potrebe (Beets, 1990.). Većina potreba poljoprivrednika povećana je upravo zbog povećanog broja stanovništva i naknadnog smanjenja obradive poljoprivredne površine po jedinici stanovnika. Stoga je važan pristup, povećati poljoprivrednu proizvodnju, odnosno povećati prinos pojedinačnih kultura po jedinici površine (Thobatsi, 2009.). Poljoprivrednici s ograničenim resursima imaju ograničenu sposobnost toleriranja neuspjeha u proizvodnji pa su tako prisiljeni samo na uzgoj mahunarki i žitarica da omoguće hranu sebi i životinjama (Henriet i sur., 1997.). Uzgajivači lošeg financijskog stanja bave se kombinacijom usjeva upravo zbog ograničenja zemljišta, ali i smanjenja troškova pesticida. Pojedini usjevi zahtijevaju više kemikalija za suzbijanje štetočina, bolesti, korova itd., ali problem je što ti pesticidi možda neće biti dostupni čak i ako financijska sredstva to dopuštaju (Singh i Ajeigbe, 2002.).

2.5.1. Prednosti i nedostaci združene sjetve

Među raznim kombinacijama žitarica i mahunarki koje uzgajaju mnogi poljoprivrednici, najčešća je kukuruz i grah (Eaglesham i sur., 1981.; Ofori i Stern, 1986.; Mpangane i sur., 2004.). Glavni razlozi prebacivanja na uzgoj konsocijacija je fleksibilnost, maksimalizacija profita, minimiziranje rizika od neuspjeha usjeva, očuvanje i održavanje tla, suzbijanje korova i uravnotežena ishrana (Shetty i sur., 1995.). Ostale prednosti uključuju potencijal za veću profitabilnost, niske fiksne troškove zemljišta kao rezultat uspjeha drugog usjeva na parceli. Vremenski rad, upravljanje i oprema također utječu na krajnji prinos (McCoy i sur., 2001.). Prema Viljoen i Allemann, 1996., još neke od prednosti su: veći prinos od pojedinačnog usjeva, učinkovitije korištenje resursa iz okoliša, bolja kontrola korova, osiguranje od neuspjeha usjeva te poboljšana kvaliteta. Uzgoj žitarica i mahunarki rasprostranjen je (Ofori i Stern, 1987.) jer se mahunarke uzgojene u ratarskoj proizvodnji koriste tradicionalno, a nakon žetve ostavljaju dovoljne količine organske tvari i dušika (Scott i sur., 1987.). Također, kombinacijom usjeva osim povećanog prinosa, dolazi i do očuvanja vlage, zaklona od štetočina i napada pa čak i do veće efikasnosti u potrebi za radom. Tijekom rasta i razvoja, biljke se razlikuju u načinu na koji koriste resurse iz okoliša. Istraživanja nisu samo usredotočena na prednost u povećanju prinosa, nego i na to kako različite vrste mogu produktivno "koegzistirati" (Vandermeer, 1989.). Osnovne ideje temelje se na interakciji različitih biljnih vrsta za vrijeme vegetacije. Konkurentnost za resursima proizlazi iz različitog vremena sjetve/sadnje, veličini korijena i

različitim potrebama biljaka. Združena sjetva žitarica i leguminoza česta je u mnogim zemljama u razvoju (Azija, Afrika i Južna Amerika) sa prednostima u odnosu na sjetvu samostalnih usjeva koja proizlazi iz utjecaja različitih faktora kao što su svojstva staništa, plodnost tla i vlažnost te svojstva pojedinih biljnih vrsta i hibrida/sorta (Vandermeer, 1992.). Unatoč važnosti takvog sustava, ograničeni su izvori dostupni u literaturi, posebice o utjecaju ovih sustava na okoliš i fiziologija sastavnih vrsta. Filho, 2000., zaključuje da je kukuruz konkurentniji nego grah u pogledu potrebe za vodom. Glavni nedostatak je taj što združeni usjevi nisu dobro prilagođeni vrlo suhim, slabo dreniranim i teškim glinenim tlima, a podrazumijeva i poteškoće u žetvi (Prochaska, 2001.). Također, nailazi se i na probleme pri sjetvi, kultivaciji, prihrani te na kraju žetvi (Thobatsi, 2009.). Otežan je rad zbog neprilagođenih strojeva, iako sada postoje takvi strojevi, ali nisu dostupni svima, ponajviše zbog cijene.

2.5.2. *Učinkovitost upotrebe vode (WUE)*

Dostupnost vode jedan je od najvažnijih čimbenika koji određuju produktivnost u sustavu usjeva mahunarke – žitarice (Thobatsi, 2009.). Poljoprivrednici polutropskih područja gdje je kišovito prakticiraju kombinaciju usjeva. Žitarice i mahunarke koriste vodu podjednako, a konkurentnost za vodom nije važna u određivanju učinkovitosti, osim u nepovoljnim uvjetima (Ofori i Stern, 1987.). Korištenje vode združenih usjeva uglavnom je proučavano u smislu učinkovitosti korištenja vode (WUE - Water use efficiency). Kombinacija dvije kulture, poput mahunarki i žitarica može koristiti vodu učinkovitije nego monokultura svake vrste, koristeći veći volumen tla, posebice ako kulture imaju različite tipove korijenja (Willey, 1979.). Hulugalle i Lal, 1986., navode kako je WUE u kombinaciji usjeva kukuruz – grah veći nego kod monokulturnih usjeva. Ali u uvjetima nedovoljne opskrbe vodom, kombinacija usjeva može nepovoljno djelovati tako da kukuruz na kraju rezultira smanjenim rastom i samim time smanjenim urodom.

2.5.3. *Učinkovitost korištenja hranjivih tvari (NUE)*

Prednost kombinacije usjeva mahunarki s nekim drugim vrstama može biti učinkovitija u usvajanju hranjivih tvari (NUE – Nutrient use efficiency) iz tla. Ako obje vrste imaju različit korijenov sustav i ukorjenjivanje, dolazi do boljeg iskorištavanja hraniva i većeg usvajanja dušika nego u uzgoju monokulture (Dalal, 1974.; Mason i sur., 1986.). Uz visoku raspoloživost dušika, osobito u sustavima združene sjetve, prinos žitarica i leguminoza bio je smanjen ako je kao komponeneta u sjetvi bio kukuruz (Ezumah i sur., 1987; Ofori i Stern, 1987). Drugi

istraživači navode smanjenje prinosa kukuruza u sustavima združene sjetve (Shumba i sur., 1990; Siame i sur., 1998). Različiti rezultati o učinkovitosti združene sjetve žitarica i leguminoza upućuju na potrebu daljnjih istraživanja u pojedinim područjima kako bi poljoprivrednici ostvarili što veću dobit od ovakvog načina uzgoja kultura (Mpangane i sur., 2004.). Nedavna nastojanja u povećanju plodnosti tla uključivala su uvođenje leguminoza u sustave združene sjetve ili plodored kako bi se smanjili troškovi ulaganja u ostale mjere podizanja plodnosti tla.

2.5.4. Učinkovitost upotrebe zračenja (RUE)

Sunčevo zračenje daje energiju za fotosintezu, što u konačnici predstavlja potencijal produktivnosti usjeva i određuje potrošnju vode evapotranspiracijom (Goudriaan, 1982.; Keating i Carberry, 1993.). Fotosintetski aktivno zračenje (PAR – Photosynthetically Active Radiation) koje koriste listovi, čini oko 50 % globalnog kratkovalnog zračenja (Szeicz, 1974.). U usporedbi s velikim razlikama u opskrbi s vodom i hranivima, sunčevo zračenje u sustavima združene sjetve koristi se učinkovitije budući da združeni usjevi tvore potpun pokrov koji omogućuje potpuno iskorištenje sunčevog zračenja. Sunčevo zračenje ne može se pohraniti za kasniju upotrebu, mora se trenutno iskoristiti da bi se mogao aktivirati proces fotosinteze, stoga se susjedne biljke izravno natječu za hvatanje sunčevog zračenja (Thobatsi, 2009.). Razna istraživanja o međukulturnim interakcijama usjeva, usredotočena su na konkurenciju za resurse između vrsta te je stavljen naglasak na konkurenciju za svjetlost i na sposobnost jedne vrste da se natječe i zasjeni drugu (Caldwell, 1987.). Razlike između biljnih vrsta, gutoće sklopa, načina rasta i razvoja biljaka, visine biljaka, strukturi nadzemnog dijela biljaka, preklapanja listova, fotosintetske aktivnosti i asimilacije, rezultiraju u velikoj strukturnoj kompleksnosti samog biljnog pokrova u združenoj sjetvi.

2.5.5. Korovi

Opće je poznato kako se kombinacijom usjeva smanjuje rasprostranjenost korova te je to i sama strategija suzbijanja korova s manje utjecaja na okoliš, odnosno bez korištenja herbicida (Thobatsi, 2009.). Uspjeh suzbijanja korova kod združenih usjeva učinkovitiji je kada se zasade razne mahunarke i žitarice, s time da se mahunarke smatraju glavnim usjevom. One suzbijaju korov svojom konkurentnošću za resursima (Gliessman, 1983.). Plijevljenjem dolazi do smanjenja gubitka prinosa u monokulturi 40 – 60 % (Ayeni i sur., 1984.), a u kombinaciji usjeva

nema potrebe za tolikim radom. Prema Olasantan i sur., 1994., uzgoj usjeva kratke vegetacije između širokorednih kultura duže vegetacije i upotreba dušičnog gnojiva u svrhu ostvarivanja što brže pokrovnosti tla, pozitivno utječe na suzbijanje korova. U združenoj sjetvi kukuruza i vigne, zasjenjivanje, odnosno direktna kompeticija za svjetlost utječe na smanjenje zakorovljenosti. Olasantan i sur., 1994. utvrdili su da kombinacijom usjeva manioke i neke druge kulture, uz primjenu dušičnih gnojiva dolazi do povećanja indeksa lisne površine (LAI – Leaf Area Index), učinkovitijeg usvajanja sunčevog zračenja, a time i do smanjenja broja korova, većeg unosa dušika u biljku što utječe na veći prinos zrna i omjera ekvivalentne vrijednosti zemljišta (LER – Land equivalent ratio). Združena sjetva bez primjena dušičnog gnojiva rezultira tek neznatnim povećanjem indeksa lisne površine, usvajanja svjetlosne energije i smanjenju zakorovljenosti u odnosu na samostalni usjev kasave. Suha masa korova bila je značajno veća u monokulturi kasave bez primjenjenog dušičnog gnojiva kao i u monokulturi kukuruza u usporedbi s tretmanima združene sjetve (Olasantan i sur., 1994.).

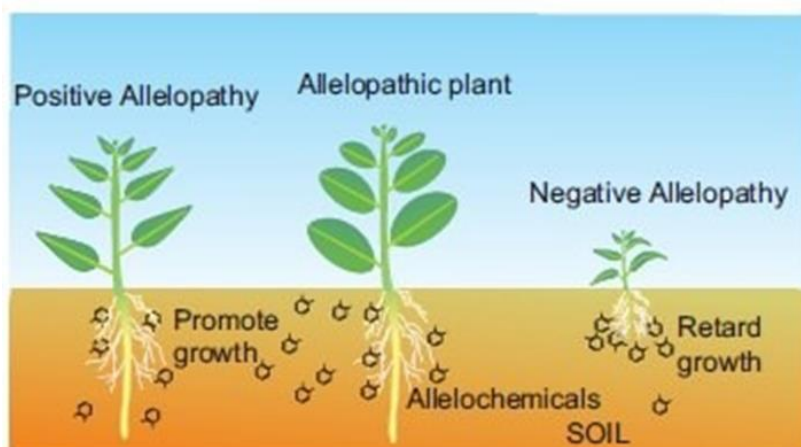
2.5.6. Alelopatija

Alelopatija je biološka pojava gdje svaka biljka svojim pojedinim organom proizvodi različite ekološki aktivne biokemijske tvari i spojeve koje otpušta u tlo (alelokemikalije) i tako djeluje na druge biljke (Thobatsi, 2009.). Takvi kemijski spojevi nastaju u različitim biljnim dijelovima, korijenu, stabljici, listovima, cvjetovima pa čak i u plodovima, a oni su nusproizvod kemijskih procesa koji su neophodni za život biljaka. Količina učinka alelopatije ovisi o opsegu bilo kojeg drugog stresa, uvjeta u okolišu ili bioloških čimbenika (insekti, bolesti) koji se javljaju tijekom vegetacijske sezone (Thobatsi, 2009.).

Međutim, alelopatija može biti pozitivna i negativna (Slika 3). Alelokemikalije mogu imati inhibirajući i stimulirajući utjecaj na drugu biljku. Također, alelopatija ima važnu ulogu u suzbijanju rasta raznih vrsta korova (Reigosa i sur., 2000.; Patil i sur., 2002; Chung i sur., 2003.; Florentine i Fox, 2003.). Kod združene sjetve potiče se pozitivan alelopatski učinak kultura. Kombinacijom usjeva pokrovnih kultura sa žitaricama može se iskoristiti prednost alelopatskog potencijala gdje pokrovni usjevi suzbijaju korov (Thobatsi, 2009.). Suzbijanje korova putem alelopatije pokazalo je osjetljivost prema nekim vrstama, stoga je širi spektar suzbijanja korova omogućen uzgojem smjese različitih vrsta usjeva, a svaka vrsta pridonosi alelopatskoj aktivnosti prema određenim korovnim vrstama (Creamer i Bennet, 1997.). Tlo na kojem se uzgajaju takve

kulture manje je zakorovljeno pa se samim time tlo rahli i potiče biraznolikost u tlu. Negativna strana alelopatije također se često pojavljuje, biljke otpuštaju kemijske spojeve koji se negativno odražavaju na rast, razvoj i razmnožavanje drugih biljaka. Jedan od najpoznatijih primjera takvih biljaka je crni orah (*Juglans nigra*) koji proizvodi kemijski spoj juglon. Biljke iz porodice pomoćnica (*Solanaceae*) poput rajčice i patlidžana osjetljive su na juglon. Ako su izložene toj alelokemikaliji pokazuju simptome venjenja, kloroze i ugibaju. Alelopatski učinak je složen i može uključivati interakciju različitih vrsta kemikalija poput fenolnih spojeva, flavinoida, terponoida, alkaloida, ugljikohidrata i bjelančevina s mješavinama različitih spojeva koje ponekad imaju veći alelopatski učinak od samih pojedinih spojeva (Thobatsi, 2009.). Uobičajeno djelovanje alelopatije podrazumijeva smanjenje klijavosti i početnog rasta i razvoja korova te ne postoji točno određeni, ciljani fiziološki učinak za sve alelokemikalije (Ferguson i Rathinasabathi, 2013.). Međutim, za neke alelokemikalije ipak je točno poznat njihov učinak i specifično mjesto djelovanja poput diobe stanica, stvaranja polena, fotosintetske aktivnosti i specifične uloge enzima.

Alelokemijski sastojci koji inhibiraju rast biljaka utječu na mnoge fiziološke procese, između ostalog na važan učinak unosa iona i hidrauličke vodljivosti (unos vode). Budući da je korijen prvi organ koji dolazi u dodir s alelokemijskim sastojcima u rizosferi, stupanj inhibicije ovisi o njihovoj koncentraciji (Blum i sur., 1999.). Neke biljke mogu izbjeći alelopatološke kemikalije zbog svoje "preosjetljivosti", odnosno vrhovi korijena biljke snažnije podilaze kemikalijama koje mogu inhibirati rast (Chon i sur., 2002.).



Slika 3. Pozitivna i negativna alelopatija
(Izvor: http://www.brainkart.com/article/Stress-Physiology---Plant_33148/)

2.5.7. Štetnici i bolesti

Kukuruz je podložan napadu raznih štetnih kukaca poput kukuruznog moljca, kukuruzne zlatice, žičnjaka, sovice, lisnih ušiju i dr. (Drinwater i sur., 2002.). Također, podložan je i bolestima, bakterijskim (trulež stabljike i lista), virusnim (virus mozaične kržljivosti kukuruza), gljivičnim (palež klijanaca, trulež korijena, stabljike, klipa), zaraznim, uključujući nematode korijena kukuruza (Flett i sur., 1996.). Vignja je često izložena napadima štetnih kukaca kao što su lisne uši, ostali štetnici lista, tripsi i štetnici mahuna (Adipala i sur., 1999).

Uzgoj biljaka u monokulturi privlači razne štetočine i bolesti, a kombinacijom usjeva taj problem se smanjuje upravo zbog međusobnog utjecaja biljaka (Trenbath, 1993.). Dakle, ovisno o usjevu, napad štetnih organizama i bolesti može utjecati na pristupačnost resursa, razvoj biljke, na kraju i na sam žetveni indeks, narušavajući međusobni odnos i fenologiju (Baker i Yusaf, 1976.; Crawley, 1989.). Uzgoj raznih sorata žitarica otpornih na gljivične bolesti poput hrđe i plijesni, također se koristi u kombinaciji usjeva. Razlike u smanjenju štetnika i povećanju prinosa u sustavima združene sjetve u odnosu na monokulture ovise o samom staništu, biljnim vrstama koje se zajedno uzgajaju, sortama/hybridima, sklopu, rasporedu sjetvenih redova, plodnosti tla i raspoloživosti vode (Ayisi i Mposi, 2001.), a pojedini usjevi različito reagiraju u združenoj sjetvi (Nwanze i Mueller, 1989.).

2.5.8. Određivanje produktivnosti združenih usjeva

Omjer ekvivalentne vrijednosti zemljišta (LER – Land Equivalent Ratio)

Jedan od najvažnijih razloga za uzgoj dvije ili više kultura istovremeno je povećana i raznolika produktivnost po jedinici površine usporedno s monokulturom (Thobatsi, 2009.). Procjena iskoristivosti zemljišta temelji se na prinosu čistih uzoraka iz svakog zasebnog usjeva unutar smjese. Izračunata brojka naziva se omjer ekvivalentne vrijednosti zemljišta (Slika 4.), gdje se prinosi združenih usjeva dijele s čistim prinosima uzoraka za svaki usjev iz kombinacije (Mead i Willey, 1980.; Sullivan, 2003.). Prednosti združenih usjeva, mogu se pripisati međusobnim komplementarnim učincima kultura, boljim ukupnim korištenjem raspoloživih resursa što na kraju dovodi do boljih prinosa kultura (Thobatsi, 2009.). Općenito, uzgoj mahunarki ima bolje prinose kao monokultura, ali u kombinaciji usjeva dolazi do boljeg iskorištenja zemljišta i prinosa dvije kulture istovremeno. Također, u većini slučajeva omjer ekvivalentne vrijednosti

zemljišta jasno pokazuje prednost kod uzgoja mahunarki i žitarica, odnosno kod združenog usjeva (Mandal i sur., 1990.; Yunusa, 1989.).

$$LER = \frac{\text{Intercrop yield of crop A} + \text{Inter crop yield of crop B}}{\text{Sole crop yield of A} + \text{Sole crop yield of crop B}}$$

$$LEC = \frac{\text{Intercrop yield of crop A}}{\text{Sole crop yield of A}} \times \frac{\text{Inter crop yield of crop B}}{\text{Sole crop yield of crop B.}}$$

Slika 4. Formula omjera ekvivalentne vrijednosti zemljišta
(Izvor: <https://academicjournals.org/journal/AJAR/article-full-text/E3C337B63613>)

Kada dvije kulture koriste isti resurs rasta, može se očekivati smanjenje prinosa jedne od kultura, posebice ako je konkurentnija. Ograničenja u korištenju koncepta ekvivalenta trebaju se realizirati, osobito kada se koristi za usporedbu produktivnosti združenih usjeva i pojedinačnog usjeva. Willey, 1979., navodi kako je veliki problem što za proračun ekvivalenta trebaju maksimalno mogući prinosi usjeva koji su zasijani u optimalnom sklopu, odnosno većoj gustoći biljaka. To će se najvjerojatnije pojaviti u "aditivnom" eksperimentu gdje sastavni usjevi u kombinaciji imaju dvostruko veću gustoću od pojedinačnih usjeva (Ofori i Stern, 1986.).

Omjer ekvivalentne vrijednosti vremena (ATER – Area Time Equivalent ratio)

Budući da koncept omjera ekvivalentne vrijednosti zemljišta ne uključuje faktor vremena, moguća je precijenjenost prednosti združenih usjeva, posebice kada se kulture u konsocijaciji razlikuju u vremenu dozrijevanja (Thobatsi, 2009.). Procjena LER-a pretpostavlja da je zemljište zauzeto usjevima ranog sazrijevanja te da se neće koristiti nakon žetve sve do berbe kasnijeg usjeva. Česta je pojava u združenoj sjetvi da nadzemni dio kasnozrelog usjeva prekrije cijelu površinu zemljišta, ali u slučaju monokulture druga kultura može biti zasijana netom poslije žetve ili berbe ranozrelog usjeva (Fukai, 1993.). Jedan od načina za sprječavanje ovog ograničenja je izračunavanje prinosa po danu kao omjera ekvivalentne vrijednosti vremena dozrijevanja po površini zemljišta (ATER) (Hiebsch i McCollum, 1987.)

Formula za izračunavanje ekvivalenta:

$$ATER = (L_i t_i + L_j t_j) T$$

L_i i L_j – relativni prinosi djelomičnih omjera ekvivalentne vrijednosti zemljišta za sastavne kulture i i j

t_i i t_j – dani, odnosno vrijeme trajanja vegetacije

Omjerom ekvivalentne vrijednosti vremena može se procijeniti razlika u vremenu dozrijevanja kultura združenih usjeva. U polusušnim područjima nije moguće sijati/saditi drugi usjev nakon berbe/žetve kao u vlažnim tropskim područjima gdje je vegetacijska sezona kontinuirana (Thobatsi, 2009.). Uzgojna sezona možda neće biti pogodna za uzgoj dvije različite kulture kraće vegetacije ali može odgovarati za usjev duže vegetacije. Stoga je, u polusušnim tropskim područjima gdje dvije žetve godišnje nisu moguće za izračun pogodan LER, dok u vlažnim tropskim područjima s neprekidnim uvjetima uzgoja ATER prikladniji (Fukai, 1993.).

3. ZDRUŽENA SJETVA U TROPSKIM PODRUČJIMA

Združena sjetva, kombinacija usjeva ili konsocijacija uzgoj je više kultura u isto vrijeme na istom mjestu. Njihov značaj je da se takvim uzgojem kultura uočavaju pozitivne promjene između biljaka. Interes za uzgojem biljaka u konsocijaciji proizlazi iz potrebe za promjenama, odnosno smanjena primjena kemijskih sredstava u integriranoj i ekološkoj poljoprivredi, biljke u združenoj sjetvi pozitivno utječu jedna na drugu, primjerice, odbijanje insekata.

Glavne prednosti uzgoja združenih usjeva (<http://pinova.hr>):

- bolja uporaba proizvodne površine
- pozitivno djelovanje na plodnost tla
- pozitivno međudjelovanje biljaka
- iskorištavanje rubnog utjecaja kod kultura
- kvalitetniji prinosi
- bolja upotreba vegetacijskog razdoblja
- veći prinosi kultura
- zaštita od pojave bolesti, štetnika, korova

- ravnomjernija potrošnja hraniva i vode
- uravnotežena proizvodnja hrane za ljude.

Prije je uzgoj u združenoj sjetvi bio mnogo češći nego danas. Glavno pitanje konsocijacija jest kako biljka utječe jedna na drugu, odnosno međusobni odnos ili interakcija. Jedan od primjera združene sjetve koji se pokazao kao veoma kvalitetan je djetelina – trava (travnodjetelinska smjesa), trava je bogata ugljikohidratima, a djeteline bjelančevinama, što u konačnici daje kvalitetnu stočnu hranu. Združenom sjetvom također se povećava i biološka raznolikost, tj. na takav način može se potaknuti pozitivna alelopatija između biljaka.

Združena sjetva rasprostranjena je u složenim vrtovima, posebice u prašumi gdje godišnje izrastaju nove vrste, također rasprostranjena je i u povrtnjacima i kod uzgoja višegodišnjih voćaka. Uzgoj više od jednog usjeva na istoj proizvodnoj površini u jednoj godini u tradicionalnim sustavima uzgoja može biti u raznim oblicima, kao miješani oblik ili "smjena" kultura (samo jedne), što je bolje nego dosljedno uzgajanje koje uključuje monokulture.

Uzgoj u redu i u trakama također je jedno od alternativnih rješenja kod konsocijacija, ali nije tako uobičajeno, osim ako se u uzgoju koriste životinje i traktori (Okigbo i Greenland, 1976.).

Klasične rotacije usjeva koje uključuju uzgoj s monokulturom rijetke su u tradicionalnim poljoprivrednim sustavima. Češće su "pseudo – rotacije" u kojima se združeni usjevi miješaju s različitim vrstama biljaka, odnosno uzgajaju se različiti setovi dominantnih i sporednih kultura (Allan, 1965.).

Združena sjetva ili kombinacija usjeva autohtona je tehnika proizvodnje koja se na veliko primjenjuje u malim poljoprivrednim područjima tropa. Kada je u pitanju tehnika sadnje usjeva, ortodoksni pristup u modernoj poljoprivrednoj praksi je sjetva/sadnja kultura pojedinačno, čime se komplementarnost među biljkama ograničava na sekvencijalne učinke unutar rotacije.

Takva tehnika bila je osnova gotovo svih agronomskih istraživanja tropske poljoprivrede (Belshaw, 1979.).

Zajedničko obilježje tradicionalnih poljoprivrednih sustava proizvodnja je nekoliko vrsta usjeva i brojnih sorti svake vrste. U državi Zair, 1911. godine uzgajalo se čak 80 varijeteta od 30 vrsta prehrambenih kultura (Miracle, 1967.). Od toga bilo je 27 varijeteta banana (*Musa* sp.) i 22 varijeteta slatkog krumpira. Različiti varijeteti ovakvih usjeva pokazali su različite

karakteristike, sazrijevaju u različito vrijeme, prilagodljivost različitim ekološkim situacijama i kulturološkoj praksi.

Kako su biljke uzgajane kao združeni usjevi, proučavanje je pokazalo kako rast i razvoj biljke uvelike ovisi o položaju i razmaku biljaka (Okigbo i Greenland, 1976.).

Kod takvog uzgoja važno je:

- iskoristiti topografske značajke tog područja i druge srodne osobine
- pojedine biljne vrste postaviti na širi razmak kako bi se omogućio prostor biljkama, tj. smanjilo preklapanje biljaka
- osigurati da pokrov usjeva bude adekvatan za učinkovito suzbijanje korova i erozije tla
- osigurati da se heliofiti uzgajaju na otvorenim prostorima, dok biljke koje podnose sjenu, kao npr. taro (*Colocasia esculenta*) i karipsko zelje (*Xanthosoma sagittifolium*) imaju mjesto pod drvećem ili uzduž redova živice

Istraživanje Normana (1974.) uključivalo je različite kombinacije usjeva u združenoj sjetvi u Nigeriji. Autor navodi 156 različitih smjesa usjeva koje su se sastojale od samostalnog usjeva, dva, tri, četiri, pet i šest smjesa usjeva. Pojedine kulture bile su zastupljene u različitim postotcima u samim smjesama, od 5 do 42%. Sedam najčešće korištenih smjesa bile su:

- 1) Proso – sirak (25 %)
- 2) Proso – sirak – kikiriki – mletački grah (5 %)
- 3) Proso – sirak – kikiriki (5 %)
- 4) Pamuk – mletački grah – slatki krumpir (4 %)
- 5) Pamuk – mletački grah (3 %)
- 6) Proso – sirak – mletački grah (3 %)
- 7) Sirak – kikiriki (2 %)

Navedenih 7 kombinacija usjeva zauzimale su 61% površina od ukupnih površina pod smjesama. Površine sa samostalnim usjevima obuhvaćale su od 3 do 8,4% površina, a najčešće kulture bile su sirak, pamuk, kikiriki i drugi usjevi. Sirak je vrlo značajna kultura za prehranu ljudi dok su kikiriki i pamuk najznačajniji tržišni usjevi.

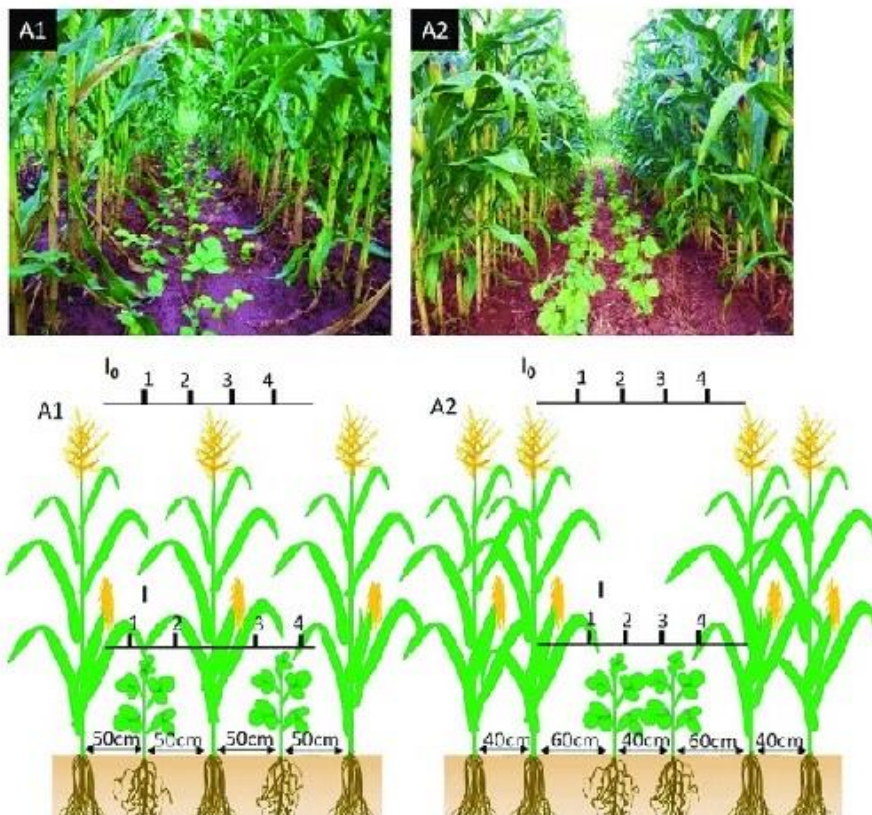
Mogu se izdvojiti bitnije značajke tradicionalnih sustava u Africi kao što su: višestruki sustavi uzgoja kao sastavni dio poljoprivrede u Africi. Najrasprostranjeniji sustav uzgoja sastoji se od konsocijacija (združenih usjeva) koji čine složen, ali stabilan agroekosustav, združena sjetva uključuje dovoljan razmak između biljaka, ali ne gube se pozitivna svojstva međudjelovanja. Tradicionalni sustavi uzgoja uključuju i razne tipove tala, okoline i topografskih značajki (Okigbo i Greenland, 1976.).

Neki od zaključaka znanstvenika Okigbo i Greenland su:

- u Africi se prakticira združena sjetva jer daje veće ukupne prinose i veće prinose pojedine kulture nego kada je uzgajana sama
- zbog smanjenja napada štetočina i bolesti uslijed nepovoljnih uvjeta u okolišu, rizik od smanjenja prinosa je manji u konsocijaciji
- važno je uključiti različite biljne populacije, znati duljinu vegetacije svake biljke, strukturu biljke, potrebe za hranivima, plodnost tla,..

Združena sjetva potiče održavanje visoke plodnosti tla, posebice tamo gdje se mahunarke koriste kao sastavni usjev, pružaju neprekidan pokrov tla što sprječava izravan utjecaj kišnih kapi koje vremenom uzrokuju eroziju (Ibeawuchi, 2007.).

Pokus združenih kultura, soje i kukuruza proveden je na 14 lokacija u sedam zemalja tijekom 1976. – 1979. pod koordinacijom istok – zapad, Havaji. Ispitivanje je usredotočeno na usporedbu prinosa soje i kukuruza, ovisno o primjeni i dostupnosti dušika. Općenito, kombinacijom usjeva dolazi do povećanja prinosa kultura i bolje zarade nego iz usjeva koji je uzgajan pojedinačno. Na temelju omjera ekvivalentne vrijednosti zemljišta, prednost se ostvaruje kod kombiniranih usjeva gdje je došlo do povećanja od 64 % na mjestima gdje dušik nije dodavan i povećanja od 42 % gdje je dodana 100 % -tna preporučena količina dušika. Uzgoj kukuruza i soje (Slika 5.) posebno je prikladan za male poljoprivrednike zemalja u razvoju, koji djeluju na razini egzistencije i koriste malo ili nikakva gnojiva (Ahmed i Rao, 1982.).



Slika 5. Mogućnosti uzgoja združenih usjeva kukuruz – soja

(Izvor: https://www.researchgate.net/figure/Maize-soybean-relay-strip-intercropping-system-and-sole-cropping-system-of-soybean-A1_fig1_325492336)

Himmelstein i sur., 2017. godine objavljuju istraživanje provedeno u Africi gdje je siromaštvo i glad jedan od najvećih problema, a svakodnevno povećanje stanovništva i degradacija zemljišta tome pridonosi na goru situaciju. Postoji potreba za održivim poljoprivrednim strategijama, poput konzervacijske poljoprivrede i integriranog upravljanja štetocinima. Združenim usjevima poljoprivrednici tog područja lakše prolaze kroz krizna vremena jer upravo takvim načinom uzgoja dobivaju veće prinose, kvalitetu i poboljšanu uporabu resursa. U prosjeku, združena sjetva povećava prinose usjeva za 23 %, a bruto brijod za 172 USD ha⁻¹, ali učinci znatno variraju ovisno o praksi i agroekološkim uvjetima. Ne postoje dokazi o tome da se prinosi i bruto prihodi povećavaju kada se u združenim usjevima koriste smjese mahunarki, kada je smanjena obrada tla, primjena pesticida ili gnojiva. Dvostruka upotreba herbicida i postupci kombinacije usjeva doveli su do iznosa bruto prihoda od 1442 USD ha⁻¹ i dali 1422 kg ha⁻¹ više u usporedbi s onima u konvencionalnoj proizvodnji (Himmelstein i sur., 2017.). Združena sjetva

je povoljna održiva poljoprivredna praksa, ali učinkovitost ovisi i o razmatranju drugih čimbenika poput odgovarajuće kontrole konkurentne vegetacije. Tsubo i suradnici, 2003. godine proveli su istraživanje u polusušnim područjima Južne Afrike. Ondje je nedostatak hrane uzrokovan zbog prenapučenosti, prirodnih katastrofa i loše distribucije hrane pa je poljoprivrednicima bitno da mogu što lakše uzgojiti neku kulturu uz što bolji prinos kako bi uspjeli osigurati hranu za sebe i eventualno za prodaju. Autori u svom istraživanju žele vidjeti povećava li se proizvodnja u polusušnim područjima. Produktivnost usjeva kukuruza i graha ocijenjena je u smislu prinosa i rasta usjeva. Mjeren je učinak zračenja i iskorištavanja vode kako bi se odredila produktivnost biljaka. Terenska ispitivanja provedena su tijekom tri ljetne sezone uzgoja usjeva (prateći datum sjetve, gustoću biljaka te orijentaciju reda). U svim vegetacijskim sezonama količina oborina bila je ispod prosjeka, a temperature zraka bile su prosječne za to područje. Ukupni omjeri ekvivalenta zemljišta za rast i prinos bili su u rasponu 1,06 do 1,58, odnosno 1,38 do 1,86 što pokazuje povećanje ekvivalenta u združenim usjevima. Iskorištenje zračenja i usvajanje vode također je bilo zadovoljavajuće. Kombinacija usjeva kukuruz – grah dobar je izbor za uzgoj, posebice za male poljoprivrednike tog polusušnog područja Južne Afrike (Tsubo i sur., 2003.).

Kultura koja je također česta u kombinaciji usjeva je banana, posebice u Keniji gdje su važne za domaću potrošnju i izvoz (Ouma, 2017.). Poljoprivrednici Kenije na svojim plantažama banana uzgajaju ih u kombinaciji s biljkama kraće vegetacije. Povećava se interes uzgajivača za sustav združenog uzgoja, uzgoj dva ili više usjeva istovremeno na istom zemljištu. Takav način uzgoja može umanjiti inpute i rezultirati održivim sustavima koji učinkovitije koriste pa čak i potencijalno nadopunjuju prirodne resurse koji se koriste tijekom proizvodnje usjeva za dugoročno upravljanje poljoprivrednim zemljištem. Ouma, 2017. navodi neke prednosti združenog usjeva kao što je minimiziranje rizika, učinkovito korištenje radne snage, povećana proizvodnja po jedinici površine, kontrola erozije i sigurnost opskrbe hranom. Banane su biljke koje imaju višegodišnje karakteristike i mogu se uzgajati na istom tlu čak do 50 godina. Uzgoj se vrši klonskim razmnožavanjem, odnosno kloniranjem, a uobičajen razmak je 3 x 3 metra. Banana se može uzgajati sa puno raznih biljaka, neke od njih su: grah, kava, kukuruz, slatki krumpir, špinat, cvjetača, kupus, bundeve itd. U Tanzaniji, združeni sustav uzgoja kava – banana je najraširenija poljoprivredna praksa karakteristična za područja Kilimandžara, Mbeya, Kagera i Arusha. Prednost takvog načina uzgoja je u tome što kombinacijom usjeva mali

poljoprivrednici dobivaju veće prinose nego da se samo bave samo uzgojem banana ili samo kave (Chipungahelo i sur., 2004.). Stanovnicima i poljoprivrednim proizvođačima Ugande kava je primarni tržišni usjev, a banana primarni usjev hrane. Sve više združuju te dvije biljke zbog smanjenja rizika povezanih s prihodima i sigurnošću hrane (Slika 6.).



Slika 6. Združeni usjev biljaka banana – kava

(Izvor: <https://ea-agribusiness.com/benefits-of-coffee-banana-intercropping-to-smallholder-farmers/amp>)

Povećava se ukupni prihod po jedinici površine za više od 50 % u usporedbi s uzgojem u monoklturi, a bez štetnog utjecaja na smanjenje prinosa jedne od kultura. Banane čine sustave za proizvodnju kave raznovrsnijima, uz povećanje sigurnosti hrane tijekom sušnih sezona. Na novonastalim plantažama kave, banane mogu nadoknaditi financijska ograničenja u prvim godinama dok kava ne postane produktivna. Također, banane dobro reagiraju na stres izazvan sušom ne uzrokujući izraženiju kompeticiju s drugim usjevom za vodu u sporedbi s ostalim drvećem koje se uzgaja u združenoj sjetvi. Združena sjetva kave i banana također ublažava emisiju stakleničkih plinova povećavajući sekvestraciju ugljika iznad i ispod površine tla. Združeni usjevi (smjese usjeva) mogu sekvestrirati oko četiri puta više ugljika u odnosu na monokulture. Povećana produktivnost sustava združene sjetve kave i banana dovodi do

smanjenja ukupnog ugljičnog otiska, budući da je emisija povezana s inputom u poljoprivrednu proizvodnju raspodijeljena preko većeg autputa koji nastaje u sustavim azdužene sjetve.

Bekunda i Woomeer, 1996. u svom radu navode kako je najučinkovitije banane uzgajati u kombinaciji s maniokom. Istraživanje provedeno u Burundi uključivalo je 9 vrsta drveća zasađenih na razmak 4 x 8 metara na postojećoj plantaži banana koje su bile u združenom usjevu s grahom (Slika 7.). Rezultati su pokazali kako niti jedna vrsta od tih zasađenih drveća nije imala utjecaj na rast banana i graha u njihovom početnom stadiju. Također, mahunarke nisu imale utjecaj na prinos banana (Akyeampong i sur. 1995.). Dobra kombinacija za uzgoj s bananama je slatki krumpir. Takav uzgoj smanjio je učestalost lezija korijena banana uzrokovane nematodama *Pratylenctius goodey* kod teško zaraženih biljaka oko sliva jezera Victora (Bekunda i Woomeer, 1996.).



Slika 7. Združeni uzgoj biljaka banana – grah
 (Izvor: <http://www.musarama.org/en/image/bean-banana-intercropping-207.html>)

S razvojem svijeta, kikiriki se sve češće uzgaja u konsocijacijama, posebice ondje gdje mali poljoprivrednici koriste tradicionalne proizvodne kombinacije koje uključuju 5 – 6 kultura (Reddy i sur., 1980.). Detaljnu statistiku poljoprivredne prakse teško je dobiti, ali procjenjuje se da se 95 % kikirikija u Nigeriji i 56 % u Ugandi uzgaja kao mješavina s drugima usjevima

(Okigbo i Greenland, 1976.). Kombinacija usjeva kikiriki i kukuruz vrlo je česta u jugoistočnoj Aziji i Africi. Mutsaers, 1978. navodi kako se u Kamerunu kikiriki uzgaja kao glavni usjev s kukuruzom koristeći manju gustoću sjetve. Pokusima provedenim tijekom tri sezone u području Yaund'e (Kamerun) dolazi se do zaključka kako je kombinacija kikirikija i kukuruza dala veće prinose čak za 6 – 16 % u odnosu na uzgoj pojedinačne kulture. Azab, 1968., u Gani proveo je istraživanje kako vrijeme sjetve utječe na razvoj svake kulture. Primjetio je da je prosječni prinos kikirikija značajno veći kada se sije četiri tjedna ranije od kukuruza. Postoje dobri dokazi da kombinacija kikiriki – žitarice može dati korisne prednosti u odnosu na uzgoj monokulture. Kombinacija 2 – 3 reda kikirikija između pamuka, gdje je međuredni razmak 6 stopa (oko 180 cm) daje znatno veći novčani prinos u odnosu na bilo koji drugi pojedinačni usjev (Joshi i Joshi, 1965.). Varma i Kanke, 1969., navode kako je uzgoj pamuka s kikirikijem isplativiji; prinosi kikirikija su veći, a također i pamuka. Kombinacija kikirikija i ricinusa pokazala se izuzetno dobrom, prinos usjeva ricinusa i novčani prinos od kulture porastao je za čak 61, 9 % u odnosu na monokulturu (Reddy i sur., 1965.). Autori navode kako je prinos ricinusa veći s kikirikijem nego sa bilo kojom drugom kulturom koja je bila ispitivana u kombinaciji (grah, proso, sirak). U Istočnoj Africi, Evans i Sreedharan, 1962., dokazali su kako postoji jasno povećanje produktivnosti proizvodnje kada su te dvije kulture u kombinaciji, nego kada se uzgajaju pojedinačno. Kombinacija manioka – kikiriki nastala je tako da bi se povećala efikasnost proizvodnje, kao i očuvala vlaga i plodnost tla. Pokusom provedenim na Sveučilištu Khon Kaen u Tajlandu, 1977., dolazi se do rezultata većih prinosa manioke (26 756 kg/ha) kada je u kombinaciji s kikirikijem, nego kada se uzgaja kao monokultura (24 538 kg/ha). Dokazano je i kako združenim usjevom te dvije kulture dolazi do većeg prinosa manioke zbog dodatne opskrbe dušika. Suprotno tome, Odjel za poljoprivredu Republika Tanganjike, 1959., izvješćuje kako ranom sjetvom kikirikija, a kasnijom manioke dolazi do neznatnog smanjenja prinosa kikirikija, ali prinosi manioke smanjeni su na manje od jedne petine usjeva (Reddy i sur., 1980.).

U Indiji i Africi česta je kombinacija kultura kikiriki i sirak. U nekim istraživanjima navodi se kako dolazi do značajnog smanjenja prinosa kikirikija ako je u kombinaciji sa sirkom (Reddy i sur., 1980.). John i sur., 1943., navode da je prinos kikirika smanjen za 50 % zbog sirka, a Bodade, 1964., smanjenje od 52 %. No usprkos smanjenju prinosa, postoje rezultati istraživanja gdje su krajnji prinosi obje kulture zadovoljavajući (Reddy i sur., 1980.). Bodade, 1964., navodi kako sirak i kikiriki zajedno daju veće prinose ako je raspored sjetve takav da se sije dva reda

sirka pa osam redova kikirikija te se takav tretman sjetve pokazao najboljim. Lingegouda i sur., 1972., navode kako su tri reda kikirikija pa jedan red sirka profitabilniji u proizvodnji, gledajući visinu prinosa; kikiriki i sirak (Rs. 3918/ - po hektaru), sirak (Rs. 3123/ -) i kikiriki (2672/ -). Korist je prikazana u gotovo svim eksperimentalnim kombinacijama kikirikija sa sirkom u Istočnoj Africi (Evans, 1960.). Istraživanja provedena s ICRISAT- ovom kombinacijom dala su prinos veći za 38 % (Rao i Willey, 1980.), dok Tarhalkar i Rao, 1975., navode povećanje prinosa za čak 57 %.

Istraživanja ICRISAT-a (International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics) navode da te prednosti mogu biti dijelom i posljedice učinkovitije upotrebe svjetlosti, ali potrebna su dodatna istraživanja kako bi se utvrdila važnost ovog faktora svjetlosti kada su podzemni resursi ograničavajući (Reddy i sur., 1980.). Brzi početni porast žitarica u odnosu na kikiriki može biti važan faktor davanja nekih komplementarnosti između usjeva i omogućavanja boljeg korištenja resursa. Iako je bilo malo znanstvenih istraživanja o kombinaciji usjeva kikirikija s jednogodišnjim i višegodišnjim kulturama, ima dobrih agronomskih dokaza kako bi takvi sustavi uzgoja mogli dati značajne prednosti u vezi prinosa. Glavni faktor odgovoran za te prednosti je bolje iskorištavanje resursa u početnom porastu kako bi ostalo drugih izvora za kasniji porast kikirikija, što bi moglo dovesti do duže sezone usjeva (Matusso i sur., 2014.).

Nekoliko je aspekata uspjeha sustava združene sjetve te ih je potrebno uzeti u obzir prije i za vrijeme uzgoja (Seran i Brintha, 2010.). Primjerice, potencijal kombinacije žitarica i leguminoza ovisi o sustavu osiguravanja dušika, gustoći usjeva, laganom presretanju hranjivih sastojaka (Francis, 1989.). Unatoč tome, izbor kompaktnih kultura ovisi o rastu biljaka, tlu, svjetlosti, vodi i iskorištavanju gnojiva (Brintha i Seran, 2009.).

Papaja (*Carica papaya* L.) smatra se važnim usjevom pustinjačkog voća zbog svoje nacionalne i industrijske uporabe (Olubode i sur., 2008.). Zrelo svježe voće koje je bogato vitaminima A, B, B₁₂ i D, ugljikohidratima i mineralima jede se kao desert u tropima. Industrijski se koristi u proizvodnji papaina i drugih srodnim proteolitičkih enzima koje koriste pivovare, u industriji konzerviranja itd. (Salunke i Desai, 1984.). Sadnja nekoliko usjeva koji se razlikuju po visini, razvoju korijena i potrebi za svjetlosti, omogućava učinkovitiju uporabu Sunčeve energije, hranjivih tvari i vode. Papaja se mora uzgajati sa kompatibilnim biljkama radi boljeg iskorištenja resursa. Agboola, 2000., navodi kako poljoprivrednici u Južnoj Nigeriji imaju razvijen

sofisticirani sustav uzgoja drveća i poljoprivrednih kultura kojim se oponaša višestambena vegetacija, gdje kulture nisu sustavno uređene, ali su dovoljno dobro raspoređene da se omogući uzgoj obradivih kultura. Papaja se često uzgaja s drvenastim kulturama i trajnicama različite visine, poput palme uljarice (*Elaeis guineensis*) koja pripada trajnicama višeg rasta, zatim trajnicama srednje etaže poput raznih agruma (*Citrus spp.*) i dvogodišnjim biljkama nižeg rasta kao što su bamija (*Abelmoschus esculentus*) i kajenski papar (čili) (*Capsicum frutescens*) (Agboola, 2000.). Aiyelagbe i Jolaoso, 1992., navode poboljšani omjer ekvivalentne vrijednosti zemljišta kod kombinacije uzgoja papaje s bamijom ili lubenicom, slatkim krumpirom, ananasom (Slika 8.). Izračunavanjem omjera ekvivalentne vrijednosti zemljišta (LER) dolazi se do rezultata da učinkovitost raste za 17 – 31 % u kombinaciji usjeva nego u monokulturi (Hauggaard i sur., 2003.).



Slika 8. Združeni usjev papaja – ananas

(Izvor:https://www.reddit.com/r/AccidentalWesAnderson/comments/70w6mb/this_stand_of_papayas_intercropped_with/)

Kombinacija povrća i egzotičnog voća zauzima vrijedno mjesto u tropskoj ekologiji i značajnu ulogu u ekofiziologiji združenih usjeva (Olasantan, 2001.).

4. ZAKLJUČAK

Združena sjetva, kombinacija uzgoja ili konsocijacija uzgoj je dvije ili više kultura na istom mjestu u isto vrijeme. Važno je da biljke koje su zajedno u takvom sustavu imaju pozitivan utjecaj jedna na drugu, odnosno da si alelopatski odgovaraju. Takvim načinom uzgoja ne samo da se smanjuje zakorovljenost, nego se smanjuje i pojava boesti i štetnika. Ovisno o usjevu, napad štetnih organizama i bolesti može utjecati na pristupačnost resursa, razvoj biljke te na kraju i sam rezultat uzgoja. Većina malim poljoprivrednika tropskog područja odlučuje se na takvu proizvodnju jer time dobivaju da na jednom zemljištu imaju dvije ili više kultura godišnje u sezoni. Baziraju se na proizvodnju prehrambenih proizvoda i proizvoda tržišne vrijednosti, kao primjerice uzgoj sirka, kikirikija i pamuka. Mogu se izdvojiti bitnije značajke tradicionalnih sustava u Africi kao što su: višestruki sustavi uzgoja kao sastavni dio poljoprivrede u Africi. Najrasprostranjeniji sustav uzgoja sastoji se od združenih usjeva koji čine složen, ali stabilan agroekosustav. Združena sjetva uključuje dovoljan razmak između biljaka, ali ne gube se pozitivna svojstva međudjelovanja. U Africi i ostalim zemljama tropskog područja prakticira se združena sjetva jer daje veće ukupne prinose i veće prinose pojedine kulture nego kada je uzgajana sama, zbog smanjenja napada štetočina i bolesti uslijed nepovoljnih uvjeta u okolišu, rizik od smanjenja prinosa je manji u konsocijaciji te je važno uključiti različite biljne populacije, znati duljinu vegetacije svake biljke, strukturu biljke, potrebe za hranivima, plodnost tla itd. Česta je kombinacija kultura s mahunarkama jer one nakon žetve ostavljaju velike količine dušika u tlu. Kulture koje se uzgajaju na takav način su: banana – grah, manioka, kukuruz – grah, soja, kikiriki – sirak, kukuruz, manioka, pamuk, ricinus te je važan uzgoj kombinacije povrća i egzotičnog voća kao primjerice papaja i krastavac. Važno je usredotočiti se na daljnja istraživanja koja će pripomoći poljoprivrednicima diljem svijeta u proizvodnji hrane i očuvanju bioraznolikosti na svjetskoj razini.

5. LITERATURA

1. Abruña-Rodríguez, F., & Vicente-Chandler, J. (1967). Sugarcane Yields as Related to Acidity of a Humid Tropic Ultisol 1. *Agronomy Journal*, 59(4), 330-332.
2. Adams, F., & Pearson, R. W. (1970). Differential Response of Cotton and Peanuts to Subsoil Acidity 1. *Agronomy Journal*, 62(1), 9-12
3. Adipala, E., Omongo, C. A., Sabiti, A., Obuo, J. E., Edema, R., Bua, B., ... & Ogenga-Latigo, M. W. (1999). Pests and diseases on cowpea in Uganda: Experiences from a diagnostic survey.
4. Agboola, A. A. (2000). Farming System in Nigeria. In Akoroda, M.O.A. (eds) *Agronomy in Nigeria*, published by University of Ibadan, Nigeria, pp. 24-34.
5. Aiyelaagbe, I. O. O., & Jolaoso, M. A. (1992). Growth and yield response of papaya to intercropping with vegetable crops in southwestern Nigeria. *Agroforestry Systems*, 19(1), 1-14.
6. Ahmed, S., & Rao, M. R. (1982). Performance of maize—soybean intercrop combination in the tropics: Results of a multi-location study. *Field Crops Research*, 5, 147-161.
7. Akyeampong, E., Hitimana, L., Franzel, S., & Munyemana, P. C. (1995). The agronomic and economic performance of banana, bean and tree intercropping in the highlands of Burundi: an interim assessment. *Agroforestry Systems*, 31(3), 199-210.
8. Allan, W. (1965). *The African Husbandman* (London: Oliver and Boyd).
9. Ayeni, A. O., Duke, W. B., & Akobundu, I. O. (1984). Weed interference in maize, cowpea and maize/cowpea intercrop in a subhumid tropical environment. I. Influence of cropping season. *Weed Research*, 24(4), 269-279.
10. Ayisi, K. K., Mposi, M. S., & Van den Berg, J. (2001). Grain yield response and Chilo partellus infestation in diverse sorghum-cowpea intercrop arrangements. *South African Journal of Plant and Soil*, 18(1), 39-42.
11. Azab, Y. E. A. 1968. Pages 5-8 in *Applied agronomic research on field food crops in Northern Ghana* (FAO. No. TA 2596).
12. Barker, E.F.I. & Norman, D.W., 1975. *Cropping systems in northern Nigeria*. IAR, Samaru, Nigeria.

13. Beets, W. C. (1990). Raising and sustaining productivity of smallholder farming systems in the tropics: a handbook of sustainable agricultural development. AgBe Publishing.
14. Bekunda, M. A., & Woomer, P. L. (1996). Organic resource management in banana-based cropping systems of the Lake Victoria Basin, Uganda. *Agriculture, ecosystems & environment*, 59(3), 171-180.
15. Belshaw, D. (1979). Taking Indigenous Technology seriously: The Case of Intercropping Techniques in East Africa. *The IDS Bulletin*, 10(2), 24-27.
16. Blum, U., Shafer, S. R., & Lehman, M. E. (1999). Evidence for inhibitory allelopathic interactions involving phenolic acids in field soils: concepts vs. an experimental model. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 18(5), 673-693.
17. Bodade, V. N. (1964). Mixed cropping of groundnut and jowar. *Indian Oilseeds Journal*, 8, 297-301.
18. Brintha, I., & Seran, T. H. (2009). Effect of paired row planting of radish (*Raphanus sativus* L.) intercropped with vegetable amaranthus (*Amaranthus tricolor* L.) on yield components of radish in sandy regosol. *J. Agric. Sci*, 4, 19-28.
19. Caldwell, M. M. (1987). Plant architecture and resource competition. In *Potentials and limitations of ecosystem analysis* (pp. 164-179). Springer, Berlin, Heidelberg.
20. Chipungahelo, G. S., Teri, J. M., Matowo, P., Msaky, J., Magina, F. L., Malinga, S., ... & Kimaro, D. (2004, October). A review of coffee–banana based cropping systems in Tanzania: the economics. In *20th International Conference on Coffee Science (ASIC)* (pp. 11-15).
21. Chon, S. U., Choi, S. K., Jung, S., Jang, H. G., Pyo, B. S., & Kim, S. M. (2002). Effects of alfalfa leaf extracts and phenolic allelochemicals on early seedling growth and root morphology of alfalfa and barnyard grass. *Crop protection*, 21(10), 1077-1082.
22. Chung, I. M., Kim, K. H., Ahn, J. K., Lee, S. B., Kim, S. H., & Hahn, S. J. (2003). Comparison of allelopathic potential of rice leaves, straw, and hull extracts on barnyardgrass. *Agronomy Journal*, 95(4), 1063-1070.
23. Creamer, N. G., Bennett, M. A., & Stinner, B. R. (1997). Evaluation of cover crop mixtures for use in vegetable production systems. *HortScience*, 32(5), 866-870.
24. Dalal, R. C. (1974). Effects of intercropping maize with pigeon peas on grain yield and nutrient uptake. *Experimental Agriculture*, 10(3), 219-224.

25. Drinkwater, T. W., Bate, R., & Du Toit, H. A. (1996). A field guide for identification of maize pests in South Africa. ARC.
26. Eaglesham, A. R. J., Ayanaba, A., Rao, V. R., & Eskew, D. L. (1981). Improving the nitrogen nutrition of maize by intercropping with cowpea. *Soil Biology and Biochemistry*, 13(2), 169-171.
27. Evans, A. C., & Sreedharan, A. (1962). Studies of Intercropping: II—Castor-Bean with Groundnuts or Soya-Bean. *East African Agricultural and Forestry Journal*, 28(1), 7-8.
28. Ezumah, H. C., Nam, N. K., & Walker, P. (1987). Maize-Cowpea Intercropping as Affected by Nitrogen Fertilization 1. *Agronomy journal*, 79(2), 275-280.
29. Ferguson, J. J., Rathinasabapathi, B., & Chase, C. A. (2013). Allelopathy: How plants suppress other plants. *EDIS*, 2013(3).
30. Florentine, S. K., & Fox, J. E. D. (2003). Allelopathic effects of *Eucalyptus victrix* L. on *Eucalyptus* species and grasses. *Allelopathy Journal*, 11(1), 77-84.
31. Francis, C. A. (1989). Biological efficiencies in multiple-cropping systems. In *Advances in Agronomy* (Vol. 42, pp. 1-42). Academic Press.
32. Friend, M. T., & Birch, H. F. (1960). Phosphate responses in relation to soil tests and organic phosphorus. *The Journal of Agricultural Science*, 54(3), 341-347
33. Fukai, S. (1993). Intercropping-bases of productivity. *Field Crops Research*, 34(3-4).
34. Gliessman, S. R. (1983). Allelopathic interactions in crop-weed mixtures. *Journal of Chemical Ecology*, 9(8), 991-999.
35. Goudriaan N, J., 1982. Potential production process. In: F.W.T. Penningde Vries and
36. H.H. van Laar (Eds), *Simulation of Plant Growth and Crop Production*. Pudoc, Wageningen, pp. 98- 113.
37. Gracanin, M. (1946). *Pedologija* 1. dio.
38. Grant, P. M., & Shaxson, T. F. (1970). The effect of ammonium sulphate fertilizer on the sulphur content of tea garden soils in Malawi. *Tropical Agriculture, Trinidad and Tobago*, 47, 31-36.
39. Greenland, D. J., & Nye, P. (1959). Increases in the carbon and nitrogen contents of tropical soils under natural fallows. *Journal of Soil Science*, 10(2), 284-299.
40. Greenland, D. J. (1965). Interaction between clays and organic compounds in soils.

41. Grossman, J. & Quarles, W., 1993. Strip intercropping for biological control. *IPM Practitioner*. 15(4), 1- 11.
42. Hauggaard-Nielsen, H., Ambus, P., & Jensen, E. S. (2003). The comparison of nitrogen use and leaching in sole cropped versus intercropped pea and barley. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 65(3), 289-300.
43. Henriët, J., Van Ek, G.A., Blade, S.F. & Singh, B.B., 1997. Quantitative assessment of traditional cropping systems in the Sudan savanna of northern Nigeria I. Rapid survey of prevalent cropping system. *Samaru J. Agric Res.* 14, 27- 45.
44. Hiebsch, C. K., & McCollum, R. E. (1987). Area- \times -Time Equivalency Ratio: A Method For Evaluating The Productivity Of Intercrops¹. *Agronomy Journal*, 79(1), 15-22.
45. Himmelstein, J., Ares, A., Gallagher, D., & Myers, J. (2017). A meta-analysis of intercropping in Africa: impacts on crop yield, farmer income, and integrated pest management effects. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 15(1), 1-10.
46. Hulugalle, N. R., & Lal, R. (1986). Soil Water Balance of Intercropped Maize and Cowpea Grown in a Tropical Hydromorphic Soil in Western Nigeria 1. *Agronomy Journal*, 78(1), 86-90.
47. Ibeawuchi, I. I. (2007). Intercropping-A food production strategy for the resource poor farmers. *Nature and Science*, 5(1), 46-59.
48. John, C. M., Seshadri, C. R., & Bhavani Shanker Rao, M. (1943). Mixed cropping of groundnut. *Madras Agricultural Journal*, 31, 191-200.
49. Jones, E. (1960). Contribution of rainwater to the nutrient economy of soil in northern Nigeria. *Nature*, 188(4748), 432-432.
50. Joshi, S. N., & Joshi, H. V. (1965). Mixed cropping of groundnut/cotton under irrigated conditions in Saurashtra. *Indian Oilseeds Journal*, 9(4), 244-248.
51. Jurgensen, M. F., & Davey, C. B. (1970). Non-symbiotic nitrogen-fixing microorganisms in acid soils and the rhizosphere. *Soils Fertil., Harpenden*, 33(5), 435-46.
52. Kamprath, E. J. (1970). Exchangeable aluminum as a criterion for liming leached mineral soils 1. *Soil Science Society of America Journal*, 34(2), 252-254
53. Keating, B. A., & Carberry, P. S. (1993). Resource capture and use in intercropping: solar radiation. *Field Crops Research*, 34(3-4), 273-301.

54. Lima Filho, J. M. P. (2000). Physiological responses of maize and cowpea to intercropping. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 35(5), 915-921.
55. Lingegouda, B. K., Shanthaveeradadraiah, S. M., Inamdar, S. S., Raj, P., & Krishnamurthy, K. (1972). Studies on mixed cropping of groundnut and hybrid sorghum. *Indian journal of agronomy*, 17(1), 27-29.
56. Mason, S. C., Leihner, D. E., & Vorst, J. J. (1986). Cassava-Cowpea and Cassava-Peanut Intercropping. III. Nutrient Concentrations and Removal 1. *Agronomy Journal*, 78(3), 441-444.
57. Matusso, J. M. M., Mugwe, J. N., & Mucheru-Muna, M. (2014). Potential role of cereal-legume intercropping systems in integrated soil fertility management in smallholder farming systems of Sub-Saharan Africa. *Research Journal of Agriculture and Environmental Management*, 3(3), 162-174.
58. McCoy, S., VYT, T., Kline, A., West, T., & Christmas, E. (2001). Management considerations for relay intercropping: Soybean. *Agronomy Guide*. AY-136. Purdue University Cooperative Extension Service.
59. Meiklejohn, J. (1962). MICROBIOLOGY OF NITROGEN CYCLE IN SOME GHANA SOILS. *Empire Journal of Experimental Agriculture*, 30(118), 115.
60. Miracle, M. P. (1967). Agriculture in the Congo Basin. Tradition and change in African rural economies. *Agriculture in the Congo Basin. Tradition and change in African rural economies*.
61. Mpangane, P. N. Z., Ayisi, K. K., Mishiyi, M. G., & Whitbread, A. (2004). Grain yield of maize grown in sole and binary cultures with cowpea and lablab in the Limpopo province of South Africa. *Tropical legumes for sustainable farming systems in Southern Africa and Australia*.
62. Mutsaers, H. J. W. (1978). Mixed cropping experiments with maize and groundnuts. *NJAS wageningen journal of life sciences*, 26(4), 344-353.
63. Nwanze, K. F., & Mueller, R. A. E. (1989). Management options for sorghum stem borers for farmers in the semi-arid tropics. In international workshop on sorghum stem borers, 17- 20 November 1987. ICRISAT. Patancheru. India. pp 105- 113
64. Nye, P. H., & Greenland, D. J. (1960). The soil under shifting cultivation. *The soil under shifting cultivation*.

65. Nye, P. H., & Stephens, D. (1962). Soil Fertility in Wills JG (ed) Agriculture and Land use in Ghana pp 127-143 Oxford University Press.
66. Ofori, F., & Stern, W. R. (1986). Maize/cowpea intercrop system: effect of nitrogen fertilizer on productivity and efficiency. *Field Crops Research*, 14, 247-261.
67. Ofori, F., & Stern, W. R. (1987). Cereal–legume intercropping systems. In *Advances in agronomy* (Vol. 41, pp. 41-90). Academic Press.
68. Okigbo, B. N., & Greenland, D. J. (1976). Intercropping systems in tropical Africa. *Multiple cropping*, 27, 63-101.
69. Olasantan, F. O., Lucas, E. O., & Ezumah, H. C. (1994). Effects of intercropping and fertilizer application on weed control and performance of cassava and maize. *Field Crops Research*, 39(2-3), 63-69.
70. Olasantan, F. O. (2001). Optimum plant populations for okra (*Abelmoschus esculentus*) in a mixture with cassava (*Manihot esculenta*) and its relevance to rainy season-based cropping systems in south-western Nigeria. *The Journal of Agricultural Science*, 136(2), 207-214.
71. Olubode, O. O., Aiyelaagbe, I. O. O., Bodunde, J. G., & Olasantan, F. O. (2008). Growth and yield responses of pawpaw varieties (*Carica Papaya* L.) intercropped with okra and cucumber. *Nigerian Journal of Horticultural Science*, 13(1).
72. Ouma, G. (2009). Intercropping and its application to banana production in East Africa: A review. *Journal of plant breeding and crop science*, 1(2), 013-015.
73. Patil, R. H., Hunshal, C. S., & Itnal, C. J. (2002). Influence of bund planted Eucalyptus trees row on winter wheat. *Allelopathy Journal*, 10(1), 21-28.
74. Prochaska, S. C. (2000). Evaluation of USDA soybean inoculate in a modified relay intercropping system. *Agronomic Crops Teams On-Farm Research Projects*.
75. Ragland, J. L., & Coleman, N. T. (1959). The effect of soil solution aluminum and calcium on root growth. *Soil Science Society of America Journal*, 23(5), 355-357.
76. Rao, M. R., & Willey, R. W. (1980). Preliminary studies of intercropping combinations based on pigeonpea or sorghum. *Experimental agriculture*, 16(1), 29-39.
77. Reddy, G. P., Rao, S. C., & Reddy, P. R. (1965). Mixed cropping in castor. *Indian Oil Seeds Journal*, 9, 310-313.

78. Reddy, M. S., Floyd, C. N., & Willey, R. W. (1980). Groundnut in intercropping systems.
79. Reigosa, M.A., Gonzalez, L., Soute, X.C., Pastoriza, J.E., Narwal, S.S., Hogland, R.E., Dilady, R.H. & Regosa, M.J., 2000. Allelopathy in forest ecosystem. Allelopathy in ecological agricultural and forestry. Proc. III. Cong. Allel. Eco. Agr. Forestry, Dhawad, India. 18-21 August, 1998, 200, 183-193.
80. Ruthenberg, H. (1971). Systems with perennial crops. *his Farming Systems in the Tropics* (New York: diarendon Press, 1971).
81. Salunke, D. K. and Desai B. B. (1984). Post Harvest Biotechnology of fruits, CRC Boca Baton FL. Vol. 2, pp. 18-36
82. Scott, T. W., Mt. Pleasant, J., Burt, R. F., & Otis, D. J. (1987). Contributions of ground cover, dry matter, and nitrogen from intercrops and cover crops in a corn polyculture system 1. *Agronomy Journal*, 79(5), 792-798.
83. Seran, T. H., & Brintha, I. (2010). Review on maize based intercropping. *Journal of agronomy*, 9(3), 135-145.
84. Shetty, S. V. R. (1995). Millet and cowpea in mixed farming of the Sahel. A review of strategies for increased productivity and sustainability. In *Livestock and Sustainable Nutrient Cycling in Mixed Farming Systems of Sub-Saharan Africa*, Proceedings of an International Conference 22-26 November 1993 (pp. 293-304). International Livestock Centre for Africa (ILCA).
85. Shumba, E. M., Dhliwayo, H. H., & Mukoko, O. Z. (1990). The potential of maize-cowpea intercropping in low rainfall areas of Zimbabwe. *Zimbabwe Journal of Agricultural Research*, 28(1), 33-38.
86. Siame, J., Willey, R. W., & Morse, S. (1998). The response of maize/Phaseolus intercropping to applied nitrogen on Oxisols in northern Zambia. *Field Crops Research*, 55(1-2), 73-81.
87. Singh, B. B., & Ajeigbe, H. A. (2002). Improving cowpea-cereals based cropping systems in the dry savannas of West Africa. Fatokun, CA, SA Tarawali, BB Singh, PM Kormawa and Tamo, M.(Editors)
88. Szeicz, G. (1974). Solar radiation for plant growth. *Journal of Applied Ecology*, 617-636.

89. Tarhalkar, P. P., & Rao, N. G. P. (1975). Changing concepts and practices of cropping systems. *Indian farming*, 25(3), 3-7.
90. Thobatsi, J. T. (2009). Growth and yield responses of maize (*Zea mays* L.) and cowpea (*Vigna unguiculata* L.) in an intercropping system (Doctoral dissertation, University of Pretoria).
91. Trenbath, B. R. (1993). Intercropping for the management of pests and diseases. *Field crops research*, 34(3-4), 381-405.
92. Tsubo, M., Mukhala, E., Ogindo, H. O., & Walker, S. (2003). Productivity of maize-bean intercropping in a semi-arid region of South Africa. *Water Sa*, 29(4), 381-388.
93. Vandermeer, J. (1989). *The ecology of intercropping*, Cambridge Univ. Press. Cambridge. UK.
94. Vandermeer, J. H. (1992). *The ecology of intercropping*. Cambridge University Press.
95. Varma, M. P., & Kanke, M. S. R. (1969). Selection of intercrops for cotton in India. *Experimental Agriculture*, 5(3), 223-230.
96. Viljoen, J., & Allemann, J. (1996). Cowpea and maize intercropping. Training Course. Cowpeas. Vegetables and Ornamental Plant Institute, Agricultural Research Council, Roodeplaat, 16-24.
97. Vogt, J. B. M. (1966). RESPONSES TO SULPHUR-FERTILIZATION IN N RHODESIA. *Agrochimica*, 10(2), 105.
98. Webster, C. C., & Wilson, P. N. (1980). *Agriculture in The Tropics 2 nd*. Logman, London. 371p.
99. Willey, R. (1979). Intercropping-its importance and research needs: Part 1. Competition and yield advantages. In *Field crop abstracts* (Vol. 32, pp. 1-10).
100. <https://ea-agribusiness.com/benefits-of-coffee-banana-intercropping-to-smallholder-farmers/> 2.7.2020.
101. http://pedologija.com.hr/Literatura/Pedologija/Organska_tvar_tla.pdf 15.4.2020.
102. http://tlo-i-biljka.eu/Tekstovi/Tekstura_tla.pdf 13.5.2020.
103. http://pinova.hr/hr_HR/aktualno/konsocijacija 20.5.2020

6. SAŽETAK

Cilj rada bio je opisati i pregledno prikazati ulogu i značaj sustava združene sjetve u poljoprivredi tropskih područja kroz pregled literature i dosadašnjih istraživanja. U radu su prikazane specifičnosti biljne proizvodnje u tropskom području koja je uvjetovana prvenstveno klimatskim faktorima. Opisane su posebnosti uzgoja združenih usjeva i prednosti koje ovakvi sustavi donose u poljoprivrednoj proizvodnji. Združeni usjevi kao praksa u tropskim predjelima omogućuju stabilnije i veće prinose u odnosu na uzgoj u monokulturi. Učinkovitost upotrebe vode, hranjivih tvari i sunčevog zračenja neki su od značajnih obilježja sustava združene sjetve, a produktivnost združenih usjeva dominantan čimbenik koji ukazuje na pogodnost ovakvih sustava biljne proizvodnje. Takav način uzgoja potiče bolji rast i razvoj kultura što dovodi do povećanja prinosa uz prisutnu kompatibilnost i pozitivano međudjelovanje. Združenim uzgojem, kombinacijom uzgoja, konsocijacijama povećava se razina proizvodnje hrane i bioraznolikost na svjetskoj razini.

Ključne riječi: združeni usjevi, tropsko područje, poljoprivredna proizvodnja, produktivnost, prinos

7. SUMMARY

The aim of the graduate thesis was to describe and clearly present the role and importance of the intercropping systems in agriculture in tropical areas through a review of the literature and previous research. The paper presents the specifics of plant production in the tropics, which is conditioned primarily by climatic factors. The specifics and the benefits of intercrops for the agricultural production are described. Intercropping as a agricultural practise in tropics leads to higher and stable yields compared to sole cropping. Water use efficiency, nutrient and solar radiation use efficiency are some of significant properties of intercropping and productivity of intercrops is a key factor that points out the suitability of such kind of plant production systems. This methos of plant production allows better plant growth and development which leads to higher yields with present compatibility and positive interaction. With intercropping, mixtures of crops and consociation the level of food production and biodiversity is increasing worldwide.

Key words: intercrops, tropics, agricultural production, productivity, yield

8. POPIS SLIKA

Slika 1. Tipovi tropskih klima u svijetu.....	3
Slika 2. Primjer rasporeda združenog usjeva s biljkom manioka.....	13
Slika 3. Pozitivna i negativna alelopatija.....	18
Slika 4. Formula omjera ekvivalentne vrijednosti zemljišta.....	20
Slika 5. Mogućnosti uzgoja združenih usjeva kukuruz – soja.....	25
Slika 6. Združeni usjev banana – kava.....	27
Slika 7. Združeni usjev banana – grah.....	28
Slika 8. Združeni usjev papaja – ananas.....	31

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek
Sveučilišni diplomski studij, smjer Biljna proizvodnja

Diplomski rad

Sustavi združene sjetve u poljoprivredi tropskih područja

Anamarija Vrtar

Sažetak: Cilj rada bio je opisati i pregledno prikazati ulogu i značaj sustava združene sjetve u poljoprivredi tropskih područja kroz pregled literature i dosadašnjih istraživanja. U radu su prikazane specifičnosti biljne proizvodnje u tropskom području koja je uvjetovana prvenstveno klimatskom faktorima. Opisane su posebnosti uzgoja združenih usjeva i prednosti koje ovakvi sustavi donose u poljoprivrednoj proizvodnji. Združeni usjevi kao praksa u tropskim predjelima omogućuju stabilnije i veće prinose u odnosu na uzgoj u monokulturi. Učinkovitost upotrebe vode, hranjivih tvari i sunčevog zračenja neki su od značajnih obilježja sustava združene sjetve, a produktivnost združenih usjeva dominantan čimbenik koji ukazuje na pogodnost ovakvih sustava biljne proizvodnje. Takav način uzgoja potiče bolji rast i razvoj kultura što dovodi do povećanja prinosa uz prisutnu kompatibilnost i pozitivano međudjelovanje. Združenim uzgojem, kombinacijom uzgoja, konsocijacijama povećava se razina proizvodnje hrane i bioraznolikost na svjetskoj razini.

Rad je izrađen pri: Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

Mentor: doc. dr. sc. Bojana Brozović

Broj stranica: 43

Broj grafikona i slika: 8

Broj tablica: -

Broj literaturnih navoda: 156

Broj priloga: -

Jezik izvornika: hrvatski

Ključne riječi: združeni usjevi, tropsko područje, poljoprivredna proizvodnja, produktivnost, prinos

Datum obrane: 27.07.2020.

Stručno povjerenstvo za obranu:

1. Prof. dr. sc. Bojan Stipešević, predsjednik
2. Doc. dr. sc. Bojana Brozović, mentorica
3. Prof. dr. sc. Danijel Jug, član

Rad je pohranjen u: Knjižnica Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Vladimira Preloga 1, 31000 Osijek

BASIC DOCUMENTATION CARD

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek
Faculty of agrobiotechnical sciences Osijek
University Graduate Studies, Plant production

Graduate thesis

Intercropping systems in tropical agriculture

Anamarija Vrtar

Summary: The aim of the graduate thesis was to describe and clearly present the role and importance of the intercropping systems in agriculture in tropical areas through a review of the literature and previous research. The paper presents the specifics of plant production in the tropics, which is conditioned primarily by climatic factors. The specifics and the benefits of intercrops for the agricultural production are described. Intercropping as a agricultural practise in tropics leads to higher and stable yields compared to sole cropping. Water use efficiency, nutrient and solar radiation use efficiency are some of significant properties of intercropping and productivity of intercrops is a key factor that points out the suitability of such kind of plant production systems. This method of plant production allows better plant growth and development which leads to higher yields with present compatibility and positive interaction. With intercropping, mixtures of crops and consociation the level of food production and biodiversity is increasing worldwide.

Thesis performed at: Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek

Mentor: Associate Professor Bojana Brozović

Number of pages: 43

Number of figures: 8

Number of tables: -

Number of references: 156

Number of appendices: -

Original in: Croatian

Key words: intercrops, tropics, agricultural production, productivity, yield

Thesis defended on date: 27.07.2020.

Reviewers:

1. Full Professor Bojan Stipešević, chairman
2. Associate Professor Bojana Brozović, mentor
3. Full Professor Danijel Jug, member

Thesis deposited at: Library of Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Vladimira Preloga 1, 31 000 Osijek