Reakcija biljaka na pH vrijednost tla

Bertić, Larisa

Undergraduate thesis / Završni rad

2017

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of agriculture / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:410656

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

Repository / Repozitorij:

Repository of the Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek - Repository of the Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek

zir.nsk.hr

Image not found or type unknown

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU

Larisa Bertić

Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivreda

Smjer Hortikultura

Reakcija biljaka na pH vrijednost tla

Završni rad

Osijek, 2017. godina.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU

Larisa Bertić

Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivreda

Smjer Hortikultura

Reakcija biljaka na pH vrijednost tla

Završni rad

Povjerenstvo za ocjenu završnog rada:

1. izv. prof. dr. sc. Irena Jug, mentor

2. doc. dr. sc. Boris Đurđević, član

3. izv. prof. dr. sc. Vesna Vukadinović, član

Osijek, 2017. godina.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Poljoprivredni fakultet u Osijeku
Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivreda, smjer Hortikultura

Završni rad

Larisa Bertić

Reakcija biljaka na pH vrijednost tla

Sažetak: Reakcija otopine tla značajno utječe na kemijska, fizikalna i biološka svojstva tla kao i na pristupačnost i mobilnost hraniva što se reflektira na rast i razvoj biljaka. U poljoprivrednoj proizvodnji ovaj pokazatelj može biti limitirajući čimbenik. U kiseloj sredini ioni aluminija i mangana mogu imati toksično djelovanje na biljku te je povećana bioraspoloživost nekih teških metala, a smanjena pristupačnost drugih elemenata. U alkalnoj sredini biljci je smanjena pristupačnost većine biogenih elemenata, posebno mikroelemenata (osim Mo). pH reakcija tla potrebna za rast i razvoj većine poljoprivrednih vrsta kreće se između 4 i 8 dok hortikulturno bilje najbolje uspijeva na slabo kiselim i neutralnim tlima. Ovisno o pH vrijednosti tla biljne vrste su podijeljene u tri skupine: acidofilne, neutrofilne i alkalofilne. U fitocenozama nalazimo veliki broj samoniklog bilja i korova koji nam svojom brojnošću i pojavnošću indiciraju pH reakciju tla. Pri odabiru biljne vrste potrebno je voditi računa o pH reakciji tla jer neodgovarajuće tlo ili biljna vrsta rezultirat će lošim izgledom, propadanjem biljaka i/ili gubitkom prinosa.

Ključne riječi: pH reakcija, acidofilne biljke, neutrofilne biljke, alkalofilne biljke, reakcija biljaka

35 stranica, 4 tablice, 20 slika, 42 literaturnih navoda

Završni rad je pohranjen u Knjižnici Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku i u digitalnom repozitoriju završnih i diplomskih radova Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku

BASIC DOCUMENTATION CARD

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek
Faculty of Agriculture in Osijek
Undergraduate university study Agriculture, course Horticulture

BSc Thesis

Larisa Bertić

Plants reaction to soil pH value

Sumarry: Reaction of soil solution have a significant influence on chemical, physical and biological properties of the soil, nutrition bioavailability which is reflected on the growth and plants development. In agricultural production this indicator could be a limiting factor. In acidic soil aluminium and manganese ions can have toxic effects on the plant, bioavailability of some heavy metals are increased and accessibilitiy of other metals are reduced. In alkaline soil the accesibility of most biogenic elements to the plants are reduced, especially microelements (except Mo). pH reaction of soil required for growth and development of most agricultural plants ranges between 4 and 8 while horticultural plants trive on low-acidic and neutral soil. Depending on the soil pH values plant species are divided into three groups: acidophilic, neutrophilic and alcalophilic plants. In phytocenosis we can find a large number of wild plants and weeds which by number and appearance indicate the pH of soil reaction. When selecting plant species, it is necessary to take care of pH soil reaction, otherwise inadequate soil or plant species will result in poor plant appearance, plant decay and/or loss of yield.

Keywords: pH reaction, acidofilic plants, neutrofilic plants, alcalofilic plants, plant reaction

35 pages, 4 tables, 20 figures, 42 refrences

BSc Thesis is archived in Library of Faculty of Agriculture in Osijek and in digital repository of Faculty of Agriculture in Osijek

SADRŽAJ

1. UVOD 1
2. pH REAKCIJA TLA.....3
2.1 Određivanje pH vrijednosti tla 5
3. ODNOS BILJAKA PREMA REAKCIJI OTOPINE TLA 7
4. UTJECAJ pH NA BIOPRISTUPAČNOST ELEMENATA.....9
5. BILJKE - INDIKATORI STANJA TLA 13
5.1. Biljke bioindikatori pH reakcije tla 15
5.1.1. Biljke indikatori jako kiselih tala.....16
5.1.2. Biljke indikatori neutralnih tala 17
5.1.3. Biljke indikatori neutralnih i alkalnih tala.....18
6. UTJECAJ pH TLA NA ŽIVOTNE PROCESE BILJAKA.....19
7. PRILAGODBA BILJAKA NA NEPOVOLJNI pH TLA.....21
8. KOROVI – BILJKE INDIKATORI TLA.....23
8.1.Korovi indikatori alkalnih tala 23
8.2. Korovi indikatori kiselih tala.....24
8.3. Korovi indikatori humusnih tala.....25
9. UTJECAJ pH NA HORTIKULTURNO BILJE.....27
10. ZAKLJUČAK.....31
11. LITERATURA 32

1. UVOD

Na rast i razvoj biljaka, na njihov prinos i kvalitetu utječe niz biotskih i abiotskih čimbenika. Reakcija otopine tla (pH vrijednost) je značajan abiotski čimbenik čiji utjecaj na biljke može biti direktan i indirektan. Direktan utjecaj se tumači reakcijom biljke na koncentraciju H^+ i OH^- iona u otopini tla, dok pH reakcija indirektno utječe na biopristupačnost elemenata ishrane, a time na njihov višak ili manjak u tlu, na koji biljke reagiraju pojavom blažih ili jače izraženijih poremećaja. Prve pojave su kloroze, drastičnije su nekroze, a kvaliteta i prinosi mogu biti u različitom stupnju ugroženi.

S agrokemijskog gledišta, plodno je ono tlo koje tijekom čitave vegetacije osigurava biljkama dovoljno hraniva i na kome se trajno postižu visoki prirodi. Često se za plodnost tla koristi izraz produktivnost jer ona unutar nekog agroekološkog područja u velikoj mjeri ovisi o plodnosti tla, ali i tipu gospodarenja (Vukadinović i Vukadinović, 2011.). Zbog značajne uloge pH kao indikatora plodnosti tla on se redovito mjeri u laboratoriju i koristi u interpretaciji rezultata ostalih analiza tla, kao i u izradi preporuka za gnojidbu biljnih vrsta. Analiziraju se dvije vrijednosti: aktualna pH vrijednost (pH u vodi) i supstitucijska (pH u KCl-u), dok se za potrebe popravke tla (kalcizaciju) određuje i hidrolitička kiselost.

Kako navode Vukadinović i sur. (2014.) u svojoj knjizi „Ekofiziologija bilja“ među edafskim čimbenicima koji drastično ograničavaju rast biljaka i tvorbu prinosa ubraja se i pH tala. 40% svih svjetskih površina je kiselo, a 25% alkalno. Kemija tla je snažno povezana s pH-vrijednosti čije povećanje ili smanjenje uključuje mehanizme obrane biljaka od toksičnosti teških metala, viška bikarbonata, deficita ili suficita kalcija i mikroelemenata, niske raspoloživosti dušika i fosfora itd. Biljke koje rastu na alkalnim tlima proizvode veliku količinu organskih kiselina kako bi „neutralizirale“ višak kalcija što mijenja njihov metabolizam i ometa bitne fiziološke procese u stanicama, npr. kalcij ovisnu signalizaciju i metabolizam fosfata.

Za rast biljnih vrsta potrebno je da se pH vrijednost tla nalazi u rasponu između 4 i 8 dok se optimalna pH vrijednost tla za uspješan rast i razvoj većine biljnih vrsta kreće između 5 i 6. Na duljinu korjena biljke, njegovu brojnost i anatomsku građu korijenovih dlačica kao i na niz problema koji nastaju prilikom raspoloživosti hraniva, najviše utječu nepovoljne vrijednosti pH reakcije tla (Vukadinović i sur., 2014.).

Pojedine biljne vrste normalno se razvijaju samo pri određenoj pH vrijednosti što je rezultat njihove adaptiranosti na određene uvjete okoline. Tolerantnost biljaka na promjenu pH vrijednosti u velikoj mjeri zavisi od porijekla ovog abiotskog čimbenika.

Vrijednost pH tla u značajnoj mjeri određuju izbor biljne vrste koja će se uzgajati. Pri podizanju višegodišnjih nasada (voćnjaka i vinograda) pH reakcija ima odlučujuću ulogu: u prvom redu velika su ulaganja u ovakvu proizvodnju te izbor biljne vrste mora biti opravdavajući, a s druge strane pojedine kulture su izrazito osjetljive na određenu pH vrijednost.

Cilj ovog rada je ukazati na važnost poznavanja zahtjeva pojedinih biljnih vrsta prema pH reakciji tla jer upravo ovaj parametar u značajnoj mjeri određuje izbor kao i opravdanost uzgoja određene biljne vrste.

2. pH REAKCIJA TLA

pH (lat. potentia hydrogenii) ili pH vrijednost je broj koji služi kao mjera kiselosti (aciditeta), odnosno lužnatosti (alkaliteta) vodenih otopina, a koji se dobiva kao negativan dekadski logaritam množinske koncentracije aktiviteta vodikovih iona u otopini:

$$pH = - \log [H^+] \qquad pOH = - \log [OH^-]$$

pH vrijednost tla ili reakcija otopine tla pokazatelj je niza agrokemijskih svojstava tla (fizikalnih, kemijskih i bioloških) važnih za ishranu bilja. pH reakcija određena je mineralnim i organskim dijelom tla.

U procesu pedogeneze i starenja tla dolazi do promjene sadržaja alkalnih i zemnoalkalnih metala, tako da ispiranje lužina (najčešće Ca) izaziva promjenu tla i to ne samo u kemijskom već i fizikalnom pogledu. Smatra se da ispiranje lužina s tijela adsorpcije u tlu započinje kada je godišnja količina oborinskog taloga veća od 630 mm. U tom slučaju na adsorpcijskom kompleksu tla dolazi do zamjene lužnatih iona vodikovim i kiselost otopine tla postupno raste. Također, pH je u gornjih 5 cm površine tla često niži za 0,5 do 1,0 pH jedinice prema ostalom dijelu rizosfere, najčešće zbog dušične gnojidbe i povećanog sadržaja dušika (Vukadinović i Vukadinović, 2011.).

Zakiseljavanje tala može izazvati i industrijska polucija, posebice kisele kiše u širem području velikih energetskih postrojenja, ali uzrok mogu biti i prirodni procesi. Proces zakiseljavanja je vrlo štetan (odmah iza erozije po globalnim efektima degradacije tala) jer uzrokuje niz problema u ishrani bilja.

U kiselim tlima mineralno-koloidna frakcija podvrgnuta je dugotrajnom ispiranju vodenom otopinom kiselina (huminska i druge) i postupno prelazi u glinene kiseline koje se lako premještaju u dublje slojeve soluma. Nakupljanje gline na određenoj dubini dovodi do stvaranja vodonepropusne zone uz sve izraženije uvjete za dalju redukciju. U takvim okolnostima ($pH < 5,5$) najčešće višak H^+ na adsorpcijskom kompleksu aktivira ione aluminija i željeza koji u većim koncentracijama djeluju toksično na biljke, blokiraju snabdijevanje fosforom i drugim elementima (Bertić, 1993.).

Povećanje kiselosti (višak H^+ iona) u otopini tla dolazi od karbonatne, sumporaste i drugih kiselina koje u tlo ulaze kišnicom (tzv. kisele kiše), disocijacijom anorganskih i niže molekularnih organskih kiselina, zatim disocijacijom karbonatne kiselina (H_2CO_3) koja u tlu nastaje otapanjem CO_2 u vodi te primjenom fiziološki kiselih gnojiva.

Do povećane koncentracije OH^- iona u tlu dolazi od lužina, od hidrolitičkih alkalnih soli (prije svega karbonata i bikarbonata) Na, Ca i Mg, u procesu adsorpcije Na^+ iona na koloidnom kompleksu tla, kao i disocijacijom u vodi otopljenog amonijaka (NH_3).

Koncentracija H^+ odnosno OH^- iona u tlu je dinamična veličina, mijenja se tijekom godine, a različita je za pojedine sistematske jedinice tla, kao i za pojedine horizonte istog profila tla. To je vezano uz dinamiku pritjecanja vode u tlo, procese transformacije i premještanja mineralnog i organskog dijela tla, promjenjivu aktivnost organizama u tlu (disanje i produkcija CO_2), zasićenost adsorpcijskog kompleksa tla, te provedene agrotehničke mjere (gnojidba, odvodnja/navodnjavanje). Zavisno o stupnju kiselosti, zemljišta su podijeljena u 11 klasa (Tablica 1.).

Tablica 1. Podjela pH vrijednosti tla
(Đurđević, 2014. prema Soil Survey Division Staff, 1993.)

Reakcija tla	**pH tla**
Ultra kisela	< 3,5
Ekstremno kisela	3,5 – 4,4
Izrazito kisela	4,5 – 5,0
Jako kisela	5,1 – 5,5
Umjereno kisela	5,6 – 6,0
Slabo kisela	6,1 – 6,5
Neutralna	6,6 – 7,3
Slabo alkalna	7,4 – 7,8
Umjereno alkalna	7,9 – 8,4
Jako alkalna	8,5 – 9,0
Izrazito alkalna	> 9,0

Većina poljoprivrednih kultura najbolje uvjete za rast i razvoj ima u umjereno kiselim do neutralnim tlima. Optimalna pH vrijednost ovisi od velikog broja čimbenika, prvenstveno od tipa tla i vrste biljaka koje se uzgajaju.

pH većine poljoprivrednih tala kreće se između 6 i 7,5. Trave i neki usjevi zahtijevaju pH oko 5,5 dok su djeteline osjetljivije na kisele uvjete. Tla pogodna za uzgoj djeteline i leguminoza neutralne su reakcije oko 7.

Prije sjetve pojedinih biljnih vrsta važno je izmjeriti pH tla. Zakiseljavanje tla prirodan je proces u svim tlima, a može biti povećano aktivnostima čovjeka. Stupanj zakiseljavanja ovisi o strukturi tla, njegovoj izloženosti utjecaju atmosferskih onečišćenja, primjeni mineralnih gnojiva, kao i provedenim agrotehničkim mjerama. Ako tlo prirodno nije opskrbljeno dovoljnim količinama kalcijevih ili magnezijevih karbonata ili nije redovito gnojeno kalcijem, pH tla se postepeno smanjuje. Vrlo kisela tla s pH < 4 uglavnom nisu pogodna za poljoprivrednu proizvodnju.

Na kiselim tlima postoji potencijalno veća opasnost od onečišćenja voda, jer ocjedite vode na takvim tlima mogu sadržavati toksične i potencijalno toksične elemente te niže kemijske spojeve koji imaju štetan utjecaj na kvalitetu površinskih i podzemnih voda. Ulazeći u lanac ishrane bilja i prehrane, oni imaju negativno djelovanje na biljke, životinje (posebno ribe u vodotocima i jezerima) te zdravlje čovjeka.

Optimalna pH reakcija nije jednaka za sve tipove tala. Na lakšim tlima kao i na jače humoznim tlima niža je optimalna pH vrijednost tala. Osim toga, kod livada je optimalna vrijednost pH niža za 0,5 do 1 jedinice nego na oraničnim površinama.

2.1 Određivanje pH vrijednosti tla

pH vrijednost tla je indikator kiselosti ili alkalnosti tla i ima značajan utjecaj na fizikalne, kemijske i biološke procese u tlu, ishranu biljaka i djelovanje gnojiva. Neke biljne vrste mogu rasti i razvijati se u tlima različite reakcije, a za većinu optimalna je vrlo slabo alkalna ili vrlo slabo kisela reakcija tla.

Najčešće se u agrokemijskim laboratorijima mjere dvije vrste pH vrijednosti: aktualna u H_2O i izmjenjiva (supstitucijska) u 1 mol dm^{-3} KCl. Aktualna pH vrijednost je posljedica prisutnosti slobodnih iona, najviše H^+, Al^{3+} i OH^-. Oslobađanjem navedenih iona dolazi do njihove zamjene na adsorpcijskom kompleksu tla s topljivim organskim i mineralnim kiselinama ili kiselim solima te njihovom disocijacijom. Izmjenjiva pH vrijednost određena je prisutnošću H^+ iona, ali i dijelom aluminijevih i željeznih iona koji se djelovanjem neutralnih soli zamjenjuju s adsorpcijskog kompleksa tla.

Reakcija tla, izražena kao pH vrijednost, snažno utječe na raspoloživost hranjivih elemenata te na taj način direktno utječe na prinos i kakvoću usjeva. Nadalje, niska pH vrijednost tla utječe na povećanu „pokretljivost“ aluminija u tlu te uslijed toksičnih koncentracija i na rast korijena biljaka, odnosno raspoloživost hraniva. Također, s porastom pH iznad 7 (visok pH izaziva suvišak Ca, manjak K i smanjenu raspoloživost mikroelemenata) gotovo redovito dolazi do pojave kloroza.

3. ODNOS BILJAKA PREMA REAKCIJI OTOPINE TLA

Na osnovu odnosa biljaka prema reakciji otopine tla, biljne vrste dijelimo u tri ekološke skupine (Herak Ćustić i sur., 2005.).:

1. acidofilne
2. alkalofilne
3. neutrofilne

Pojedine biljne vrste uspijevaju u širokom opsegu pH vrijednosti dok se neke druge vrste optimalno razvijaju u uskom opsegu reakcije otopine tla. Biljke koje podnose širok areal pH vrijednosti su u znatnoj mjeri indiferentne prema pH vrijednosti supstrata te ih zbog toga nalazimo u širom arealu rasprostranjenosti. Nasuprot njima, biljne vrste koje uspijevaju u uskom opsegu pH vrijednosti pokazuju slabu tolerantnost na pH te najčešće predstavljaju indikatore kiselih ili alkalnih područja.

Biljke koje nastanjuju kisela tla pripadaju skupini acidofilnih biljaka, a njihova specifičnost se ogleda u njihovoj toleranciji prema visokoj koncentraciji vodikovih (H^+) iona. Alkalofilne biljke uspijevaju na alkalnim tlima dok su neutrofilne biljke one koje uspijevaju kod pH 7.

Tolerantnost biljnih vrsta prema reakciji supstrata bila je predmet brojnih istraživanja (Andrew, 1976., Islam i sur., 1980., Herak Ćustić i sur., 2005., Krstić i sur., 2008.). Tolerantnost na pH vrijednost nije odlika pojedinih biljnih vrsta, već se u tolerantnosti razlikuju i genotipovi iste biljne vrste. Kastori i Milošević (2011.) navode kako je šestoredni ječam tolerantniji na nizak pH tla od dvorednog, dok se pojedine sorte ječma mogu normalno razvijati i pri pH vrijednosti od 3,5.

Optimalne vrijednosti pH tla koje se nalaze u literaturi za određene biljne vrste, predstavljaju samo okvirne vrijednosti s obzirom da na rast i razvoj određene biljke utječu i brojni drugi agroekološki čimbenici.

Herak Ćustić i sur. (2005.) navode kako u hortikulturnoj praksi često dolazi do pogreške u odabiru biljnih vrsta zbog nepoznavanja reakcije biljke na određeni pH tla kao i zbog nepoznavanja kemijskih svojstava određenog tla. Isti autori navode kako je u literaturi puno različitih podataka o optimalnoj reakciji tla za određenu vrstu ukrasnog bilja što lagano dovodi do zabune korisnika tih podataka. Finck (1982.) navodi da je za većinu ukrasnog bilja optimalan pH između 5,5 i 6,0. Prema istom autoru postoje biljne vrste koje vole jako

kiselo tlo (pH 4,0 - 4,5) te da je izražena jaka osjetljivost tih vrsta na prisustvo karbonata u tlu (npr. *Azalea* i *Rhododendron*).

Poseban problem predstavlja činjenica kako većina podataka u literaturi ne navodi eksplicitno o kojoj pH vrijednosti se radi (aktualnoj ili supstitucijskoj) što krajnjim korisnicima odnosno poljoprivrednim proizvođačima može predstavljati veliki problem pri odabiru biljne vrste.

Kastori i Milošević (2011.) navode kako više biljke znatno lošije podnose povećanu alkalnost tla svojstvenu aridnim uvjetima u kojima nema ispiranja baza s adsorpcijskog kompleksa tla.

Pri visokoj pH vrijednosti tla, prema Jug i sur. (2013.), posebice uz prisustvo karbonata, kod kukuruza i vinove loze dolazi do debalansa hraniva što se manifestira pojavom kloroze.

Na visoki pH su naročito osjetljivi citrusi (Pestana i sur., 2003.), dok prisustvo aktivnog vapna uzrokuje pojavu željezne kloroze kod kruške (Miljković, 2005.)

U kontroliranim uvjetima biljke su tolerantnije na širi opseg pH vrijednosti nego u prirodnim uvjetima što je vjerojatno posljedica smanjenog djelovanja indirektnog utjecaja pH otopine tla na biljku. Kastori i Milošević (2011.) navode kako vrijednost pH otopine različito utječe na biljke kada se nalaze u čistoj kulturi i u smjesi. Prema Marshneru i Rengelu (2007.) razlog ove pojave je utjecaj izlučevina korijena na kemijska svojstva tla te na pristupačnost pojedinih elemenata biljne ishrane. Promjena pH reakcije tla može biti izazvana prirodnim i antropogenim putem što značajno utječe na zastupljenost pojedinih vrsta te dovodi do promjene u sastavu vegetacije. Reakcija otopine tla značajno utječe na odvijanje životnih procesa u biljkama, što se na kraju odražava na njihov rast i razvoj. Biljke također mogu utjecati na pH vrijednost supstrata za uzgoj izlučivanjem organskih kiselina putem korijena i izdvajanjem CO_2 pri disanju.

Korovske vrste imaju veći stupanj prilagodljivosti pH reakciji tla te se time objašnjava često veća zakorovljenost poljoprivrednog zemljišta što ugrožava rast i razvoj uzgajanog bilja. U praksi se vrlo često rade mjere popravka tla sa ciljem promjene pH, posebice na kiselim tlima (kalcizacija), ali racionalni proizvođači gdje god je to moguće koriste se pravilom: „prilagoditi biljnu vrstu tlu, a ne tlo biljnoj vrsti“. To naravno ovisi o ekonomskoj moći proizvođača i potrebama tržišta.

4. UTJECAJ pH NA BIOPRISTUPAČNOST ELEMENATA

Visoki prinosi usjeva zahtijevaju konstantnu opskrbu biljaka hranjivim elementima, a u tom smislu tlo je nezamjenjivi resurs koji biljci osigurava većinu hranjivih tvari. U sastav biljaka ulazi čitav niz elemenata koje biljka asimilira iz tla ili atmosfere (Tablica 2.). Korijenom se biogeni elementi usvajaju pretežno kao ioni, ali se organske tvari mogu usvajati i kao molekule.

Tablica 2. Esencijalni elementi ishrane bilja (Đurđević, 2014.)

Element	Simbol	Raspoloživi oblik	Kategorija
Ugljik	C	CO_2, H_2O	Organski elementi, biljke ih usvajaju iz zraka, vode i hranivih tvari u tlu
Vodik	H	H_20	
Kisik	O	CO_2	
Dušik	N	$N0_3^-$, NH_4^+	Primarni makroelementi potrebni biljkama u velikim količinama
Fosfor	P	$H_2PO_4^-$, HPO_4^-	
Kalij	K	K^+	
Kalcij	Ca	Ca^{2+}	Sekundarni makroelementi potrebni biljkama u manjim količinama
Magnezij	Mg	Mg^{2+}	
Sumpor	S	SO_4^2, SO_3^{2--}	
Bor	B	BO_3^{3-}, H_3BO_3	Mikroelementi potrebni biljkama u malim količinama
Klor	Cl	Cl^-	
Bakar	Cu	Cu^{2+}	
Željezo	Fe	Fe^{2+}, Fe^{3+}	
Magnezij	Mn	Mn^{2+}	
Molibden	Mo	$Mo0_4^{2-}$	
Cink	Zn	Zn^{2+}	

Organska tvar tla ili organska gnojiva prethodno se mikrobiološkim putem mineraliziraju kako bi biljci bila pristupačna (dezaminacija, amonifikacija, nitrifikacija, sulfurizacija itd).

Neki od biogenih elemenata potrebni su u malim količinama i nalaze se u tlu u dovoljnim zalihama, dok je druge potrebno unositi gnojidbom. Biljke od neophodnih elemenata iz tla usvajaju velike količine dušika, fosfora i kalija pa je gnojidba tim hranivima od najvećeg značaja u ishrani bilja. Dakle, bez adekvatne ishrane usjeva utemeljene na analizi tla nema visokih i stabilnih prinosa, potrebne kvalitete proizvoda, niti profitabilnosti.

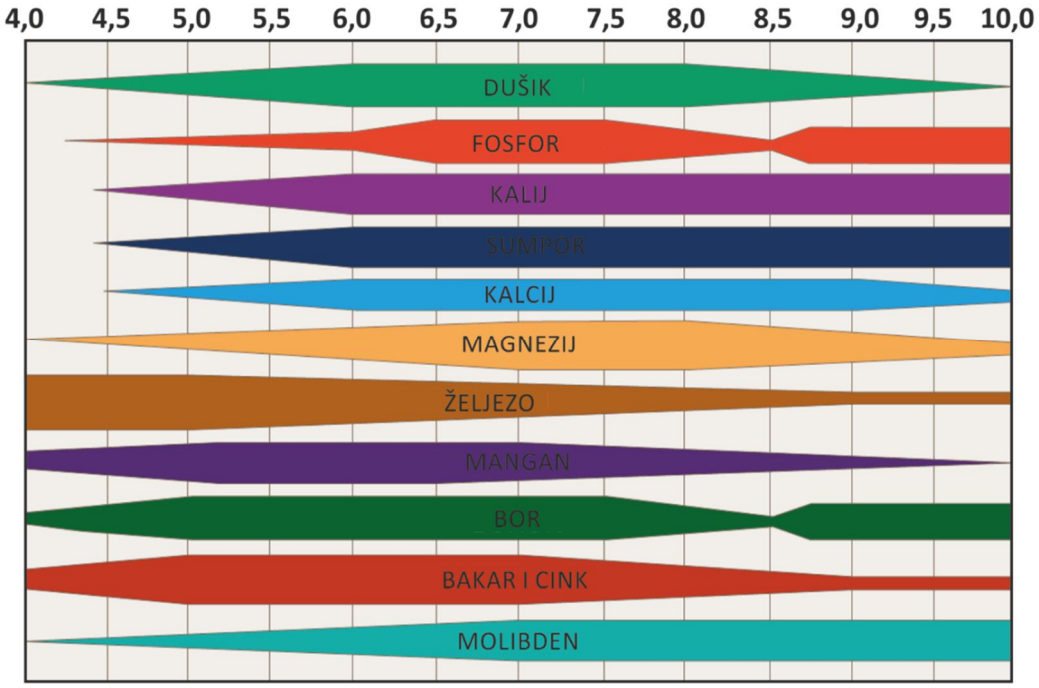
Pored toga što ima veliko značenje na sve procese u tlu, pH ima posebnu ulogu u opskrbi biljaka biogenim elementima, dakako posrednu, utječući na njihovu pristupačnost. H^+ ioni djeluju na mobilizaciju iona iz minerala i njihovu koncentraciju u vodenoj otopini tla. pH reakcija tla ima izuzetno važan utjecaj na mikrobiološku populaciju u tlu, posebice na aktivnost nitrifikatora i fiksatora dušika. Sinteza humusa, kapacitet adsorpcije, oksido-redukcijski potencijal, dinamika biljnih hraniva, način usvajanja hraniva – sve je to usko vezano uz reakciju otopine tla.

pH tla utječe neposredno na biljke povećanjem koncentracije H^+ i OH^- iona ili posredno preko utjecaja na promjenu niza agrokemijskih svojstava tla.

Fiziološko-biokemijska konstitucija žive tvari zahtijeva približno podjednak odnos između kationa i aniona pa veće koncentracije H^+ ili OH^- utječu na ionsku ravnotežu potrebnu za normalan metabolizam biljaka.

Posredan utjecaj pH ogleda se preko promjene raspoloživosti biogenih elemenata ili preko promjene aktivnosti mikroorganizama tla. Važno je naglasiti da korovske biljke, u odnosu na uzgajane, bolje podnose negativne utjecaje pH reakcije tla pa veća zakorovljenost kiselih tala jače ometa uzgoj poljoprivrednih vrsta zbog povećane kompetitivne sposobnosti korova (http://tlo-i-biljka.eu/tekstovi/pH_tla.pdf).

Reakcija tla određuje i raspon pH vrijednosti u kojima se kreće optimum usvajanja biljnih hraniva te je važan faktor rasta i razvoja biljaka (Slika 1.).



Slika 1. Odnos pH vrijednosti i pristupačnosti hraniva u tlu (Đurđević, 2014.)

Tablica 3. Zahtjevi nekih biljnih vrsta u pogledu pH
http://cms.optimus.ba/Avanti_ApplicationFiles/122/Documents/kiselost_zemljista.pdf

Biljna vrsta	pH
Pšenica	6,5 – 7,5
Ječam	6,5 – 7,2
Kukuruz	6,5 – 7,0
Krumpir	5,3 – 5.9
Lucerna	6,0 – 7,0
Kupus	5,5 – 6,8
Rajčica	6,0 – 6,5
Paprika	6,5 – 7,0
Grašak	6,4 – 7,0
Krastavac	6,4 – 7,0
Duhan	4,5 – 8,5
Voće	5,5 – 8,0

Pojedine biljne vrste preferiraju kisela tla, druge bolje uspijevaju na alkalnim tlima dok neutrofili preferiraju tla s neutralnom pH reakcijom (Tablica 3.)

Vukadinović i Vukadinović (2011.) navode da različite biljne vrste ne podnose jednako sekundarne efekte kisele reakcije tla. Pojedine vrste su osjetljive na nedostatak kalcija, odnosno višak aluminija, željeza ili mangana. Npr., šećerna repa loše podnosi nedostatak kalcija, ali je tolerantna na višak mangana, dok krumpir dobro podnosi višak Al^{3+}.

Na alkalnim tlima je čest nedostatak mikroelemenata posebice bora zbog jake adsorpcije na koloide tla. Deficit bora je moguć i u kiselom tlu zbog slabog vezanja na adsorpcijski kompleks i brzog ispiranja. Nedostatak bora utječe na zadebljanje lista i peteljke (lomljivost), odumiranje vršnih pupova, smanjenje internodija, deformaciju lišća (kovrčanje i propadanje) te deformaciju cvjetova.

5. BILJKE - INDIKATORI STANJA TLA

Prisutnost određene vrste biljke na nekom tlu može dati okvirnu informaciju je li to tlo npr. kiselo-lužnato, zbijeno-propusno, vlažno-suho i sl.

Samonikle biljke i korovi također mogu biti od velike pomoći pri određivanju vrste odnosno stanja tla. Mnogi korovi rastu na staništima vrlo širokog ekološkog raspona dok se određene vrste mogu naći samo na staništima određenih svojstava. Stoga se takve vrste korova nazivaju INDIKATORSKE.

Promatranjem proizvodne površine i procjenom najviše rasprostranjenih korova može se odrediti reakcija, plodnost i struktura tla.

Tako se npr. pogreške u tehnologiji uzgoja i stanju tla mogu uočiti ako određena vrsta korova ili samoniklog bilja dominira na nekom kultiviranom tlu. U Tablici 4. su prikazane biljne vrste koje rastu na tlima određenih svojstava.

Tablica 4. Samonikle biljke (Kreuter, 2008.)

Tlo	Biljna vrsta
Kiselo tlo, tlo siromašno kalcijem	Bridasta rotkva, *Raphanus raphanistrum* L. Kostrva (običan koštan), *Echinochloa crus-galii* (L.) P.Beauv. Paprat (bujad), *Pteridium aguilinium* (L.) Kuhn. Heljda, *Fagopyrum esculentum* Moench. Maćuhica, *Viola tricolor* L. Mala kiselica, *Rumex acetosella* L. Poljski jarmen, *Anthemis arvensis* L. Meka medunika, *Holcus mollis* L. Podbjel,*Tussilago farfara* L. Vrijes, *Calluna vulgaris* (L.) Hull Poljska preslica, *Equisetum arvense* L.
Tlo bogato kalcijem	Divlja vodopija (cikorija), *Cichorium intybus* L. Kraljevski kokotić, *Consolida regalis* S.F.Gray Livadna kadulja, *Salvia pratensis* L. Ljetni gorocvijet, *Adonis aestivalis* L. Mala krvara (zmijska trava), *Sanguisorba minor* Scop. Obični dubačac, *Teucrium chamaedrys* L.

Tlo	Biljna vrsta
Pjeskovito tlo	Jednogodišnja treskavica, *Scleranthus annuus* L. Ljepljiva rumenika, *Lychnys viscaria* L. Pješčarski mak, *Papaver argemone* L. Poljski pelin, *Arthemisia campestris* L. Sjetveni ravan, *Chrysanthemum segetum* L.
Ilovasto tlo	Čekinjasta bročika, *Galium aparin* L. Divlja vodopija (cikorija), *Cichorium intybus* L. Sitni vjenčić, *Sherardia arvensis* L. Esparzeta (divlji vučjak), *Onobrychis viciifolia* Scop. Kamilica, *Chamomilla recutita* (L.) Rauschert Maslačak, *Taraxacum officinale* Weber Podbjel, *Tusssilago farfara* L. Poljski osjak, *Cirsium arvense* (L.) Scop. Poljski žabnjak, *Ranunculus arvensis* L.
Suho, lako tlo	Pješčarski mak, *Papaver argemone* L. Poljska djetelina, *Trifolium arvense* L.
Vlažno, teško tlo	Petolist, *Potentilla reptans* L. Ljubičasti gavez, *Symphytum officinale* L. Maslačak, *Taraxacum officinale* Weber Poljska metvica, *Mentha arvensis* L. Puzavi žabnjak, *Ranunculus repens* L. Veliki trputac, *Plantago major* L. Zlatica, *Ranunculus ficaria* L.
Humusno tlo (bogato hranivima)	Bijela loboda, *Chenopodium album* L. Sitna konica, *Galinsoga parviflora* Cav. Široka pepeljuga, *Atriplex patula* L. Crna pomoćnica, *Solanum nigrum* L. Kamilica, *Chamomilla recutita* (L.) Rauschert Ljekovita dimnjača (pelin morski), *Fumaria officinalis* L. Mišjakinja (crijevac), *Stellaria media* L. Obična i mala kopriva, *Urtica dioica* L. *i Urtica urens* L. Poljska čestika (kravlja trava), *Thlaspi arvense* L. Poljska gorušica, *Sinapis arvensis* L. Rusomača, *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik.

5.1. Biljke bioindikatori pH reakcije tla

Kojić i sur. (1994.) podijelili su biljke u nekoliko ekoloških skupina u odnosu na pH reakciju tla:

- acidofilne biljke koje se uvijek nalaze na kiselim tlima,
- prijelazna grupa između acidofilnih i neutrofilnih biljaka,
- neutrofilne biljke koje se uvijek nalaze na neutralnom do slabo kiselom tlu,
- prijelazna grupa između neutrofilnih i alkalofilnih biljaka
- alkalofilne biljke koje se uvijek nalaze na alkalnom tlu.

Pichler i Karrer (1991.), preuzeto iz Borhidi (1995.), dijele biljke, kao bioindikatore pH reakcije tla, u sljedeće skupine:

- biljke ekstremno kiselih staništa, isključivo se nalaze na staništima bez kalcija,
- biljke koje se najčešće nalaze na kiselim tlima,
- biljke koje se nalaze na umjereno kiselim tlima,
- biljke koje se nalaze na slabo kiselim tlima,
- biljke koje se najčešće nalaze na neutralnim tlima, ali i na kiselim i alkalnim, općenito vrlo tolerantne, manje ili više indiferentne prema reakciji tla,
- biljke koje se najčešće nalaze na alkalnim tlima,
- biljke alkalofilnih staništa,
- biljke koje nalazimo isključivo na tlima bogatim vapnom.

Kao najčešće indikatore jako kiselih tala možemo navesti: *Nardus stricta* L., *Ledum palustre* L. (Slika 2.), *Spergula arvensis* L. (Slika 3.), *Vaccinium uliginosum* L. i dr. Predstavnici neutralnih tala najčešće su: *Trifolium pratense L.* (Slika 4.), *Medicago sativa* L. (Slika 5.), *Medicago falcata* L., *Phleum pratense* L. i dr., dok na pH neutralnim i alkalnim tlima (pH 6,5 – 8,0) možemo naći *Cirsium olereceum* L. (Slika 6.), *Angelica sylvestris* L.(Slika 7.), *Tussilago farfara* L. i dr. (Janković, 1971.)

5.1.1. Biljke indikatori jako kiselih tala



Slika 2. Divlji ružmarin, *Ledum palustre* L.
http://www.discoverlife.org/IM/I_MEL/0045/320/Ledum_palustre,I_MEL4539.jpg



Slika 3. Poljska koljenika, *Spergula arvensis* L.
https://images.nbnatlas.org/image/proxyImageThumbnailLarge?imageId=a7108325-06e3-4aa7-8fc3-f56a77031fdb

5.1.2. Biljke indikatori neutralnih tala



Slika 4. Crvena djetelina, *Trifolium pratense* L.
http://luirig.altervista.org/cpm/albums/zepigi1/001-trifolium-pratense.jpg



Slika 5. Lucerna, *Medicago sativa* L.
https://legumeinfo.org/sites/default/files/tripal/tripal_organism/images/18.jpg

5.1.3. Biljke indikatori neutralnih i alkalnih tala



Slika 6. Zeljasti osjak, *Cirsuim olereceum* L.
http://www.luontoportti.com/suomi/images/12560.jpg



Slika 7. Šumska anđelika, *Angelica sylvestris* L.
https://www.infoflora.ch/assets/piwigo/upload/2015/12/30/20151230161900-40d04419.jpg

6. UTJECAJ pH TLA NA ŽIVOTNE PROCESE BILJAKA

Na životne procese u biljkama, osim reakcije tla, utječe i velik broj drugih čimbenika kao što su npr. prisutnost kalcija, pristupačnost pojedinih biljci neophodnih elemenata, pristupačnost toksičnih elemenata itd. pa zbog toga utjecaj reakcije tla na biljke možemo podijeliti na direktan i indirektan (Kastori i Milošević, 2011.).

Kod direktnog utjecaja, naročito u kiseloj sredini, vodikovi ioni narušavaju strukturu stanične membrane biljke koja tada postaje propusna pa zbog toga može doći do niza promjena u fiziološkim procesima te toksičnog djelovanja aluminija i mangana (Fageria i sur., 1989., Noble i sur., 1988.). Pri iznimno niskim pH vrijednostima i uslijed oštećenja staničnih membrana, povećava se njihova permeabilnost (Koyama i sur., 2001.), dolazi do gubitka kalija koji se izlučuje u okolinu putem korijena (Murphy, 1959.), a sve to rezultira smanjenom sposobnošću usvajanja kalijevih iona (Zsoldos i Erdei, 1981.).

Kalcij može ublažiti permeabilnost membrane koja je uvjetovana niskom pH vrijednošću (Moore, 1974., Mahler i McDole, 1987.) i u većim koncentracijama djeluje vrlo povoljno na rast i razvoj biljaka (Fageria i sur.,1989.).

Indirektan utjecaj pH reakcije tla na biljku ogleda se u mobilizaciji i imobilizaciji pojedinih elemenata biljne ishrane (npr. pristupačnost Fe, Mn i Al iona u kiseloj sredini te njihova imobilizacija u alkalnoj sredini). Upravo zbog toga, vrlo je teško odvojiti direktan utjecaj pH vrijednosti tla od indirektnog, posebice jer često djeluju istovremeno. Tako, prema Vitorellu i sur. (2005.), pri niskoj pH vrijednost tla i povećanoj koncentraciji aluminija, čije djelovanje je toksično, dolazi do međusobne interakcije koja značajno utječe na morfologiju i fiziologiju biljke.

Rorison (2000.) je detaljno opisao odnos između usvajanja hraniva, fizioloških procesa biljaka i pH reakcije tla te je došao do zaključka da je usvajanje cinka, željeza, sulfata, klorida, nitrata, mangana i fosfora u kiseloj sredini intenzivnije nego u alkalnoj sredini. Zbog indirektnog djelovanja kisele reakcije tla najčešće dolazi do oštećenja korijenovog sustava, a ponajviše korijenovih dlačica koje imaju vrlo važnu ulogu u usvajanju mineralnih tvari i vode iz tla.

U nepovoljnim uvjetima pH tla, korijenov sustav je kraći, korijen ima manju masu, a broj bočnog korijenja je manji. Osim morfoloških promjena, dolazi do promjena u građi i funkciji

korijenovog sustava. Niska pH vrijednost utječe na zonu izduživanja korijena, a nema utjecaja na njegovo meristemsko tkivo (Yan i sur., 1992.).

Kod niske pH vrijednosti dolazi do smanjenog neto izlučivanja H^+ iona što dovodi do niže pH vrijednosti citoplazme, samim time do smanjene mase korijena, a u toku vegetativne faze rasta biljke i do manje vegetativne mase (Schubert i sur., 1990.).

Zbog niže pH vrijednosti u tlu dolazi do povećane koncentracije iona vodika i aluminija dok se koncentracija kalcija, koji ima vrlo važnu ulogu u rastu korijena, smanjuje. Zbog smanjenog prodiranja korijena u tlo dolazi do težeg usvajanja mineralnih tvari iz tla i otpornosti prema suši (Kastori i Milošević, 2011.).

Murach i Matzner (1987.) su došli do zaključka da pH reakcija tla ima veći utjecaj na korijen biljke nego na njene nadzemne organe iz razloga što je korijen biljke izložen neposrednom djelovanju kisele reakcije tla.

Na rast, razvoj i organsku produkciju biljaka, kao i na fotosintezu, veliki utjecaj imaju promjene koje su nastale u masi korijena, građi korijena i fiziološkim procesima pa zbog toga, u velikoj mjeri, može doći i do smanjenog prinosa.(Kastori i sur.,1996.).

7. PRILAGODBA BILJAKA NA NEPOVOLJNI pH TLA

U prirodi na biljkama se mogu uočiti razni mehanizmi otpornosti prema različitim vrstama stresa koji djeluju pojedinačno ili u međusobnoj interakciji. Ovi mehanizmi otpornosti mogu biti odgovor biljke na nepovoljne uvjete sredine u kojoj se ona nalazi (prilagodba biljaka na stres) ili mogu biti stečeno svojstvo tijekom filogeneze.

U kiseloj i u alkalnoj sredini na prilagodbu biljaka djeluje nekoliko različitih čimbenika pa tako u kiseloj sredini, osim povećane koncentracije H^+ iona, na biljku toksično djeluju i ioni mangana i aluminija, a bioraspoloživost nekih teških metala u kiseloj sredini se znatno povećava dok se smanjuje pristupačnost drugih elemenata. Zbog velike koncentracije OH^- iona u alkalnoj sredini (na koju je većina biljnih vrsta osjetljiva), značajno se smanjuje pristupačnost biljci većine biogenih elemenata, posebice mikroelemenata izuzev Mo (Jug, 2008., Kastori i Milošević, 2011.).

Marschner (1991.) je utvrdio da su najznačajniji ograničavajući kemijski čimbenici koji utječu na rast biljaka na kiselim tlima:

- povećanje koncentracije H^+ iona, aluminija i mangana u tlu kao i njihovo fitotoksično djelovanje,
- smanjenje koncentracije kalija, kalcija i magnezija u tlu,
- inhibicija usvajanja kalcija, magnezija i kalija od strane biljke,
- biljci nepristupačni fosfor i molibden u tlu,
- povećano ispiranje hraniva iz tla, a samim tim nedostatak hraniva u biljci,
- nedostatak vode i mineralnih hraniva kod biljaka,
- inhibicija rasta korijena.

Mehanizmi otpornosti biljaka, ovisno o mjestu njihovog djelovanja, mogu se podijeliti na vanjske (apoplastne) i unutarnje (simplastne). Iako su ova dva mehanizma po prirodi vrlo različita zajedničko im je to da i jedan i drugi sprječavaju ili ublažavaju djelovanje negativnih utjecaja (Kastori i sur., 1997.).

Marshner (1995.) je prilagodbu biljaka na nepovoljne uvjete (uvjetovane pH reakcijom) podijelio u dvije kategorije:

- prilagodba biljke na stresne uvjete,
- uklanjanje i izbjegavanje stresa.

Na kiselim tlima, osim visokih koncentracija aluminija, veliki ekološki problem predstavljaju i visoke koncentracije mangana iako tolerantnost biljke na visoke koncentracije aluminija ne podrazumijeva i njenu tolerantnost na visoke koncentracije mangana u tlu (Nelson, 1983.).

Goss i Carvalho (1992.) ukazuju na činjenicu da mangan smanjuje usvajanje magnezija, a to znači da se zbog visoke koncentracije mangana u tlu smanjuje rast korijena i nadzemnog dijela biljke izazivajući nedostatak magnezija. Dodavanjem magnezija u tlo moguće je ublažiti negativno djelovanje visoke koncentracije mangana na rast i razvoj biljaka.

Prilagodba biljaka na nepovoljni pH tla rezultat je većeg broja mehanizama, jer pri niskoj ili visokoj pH vrijednosti istovremeno dolazi do povećane koncentracije određenih iona koji mogu imati negativan utjecaj na biljku (npr. nizak pH i visoka koncentracija aluminija i mangana).

8. KOROVI – BILJKE INDIKATORI TLA

Prisutnost različitih vrsta korova na tlu govori nam o opskrbljenosti tla pojedinim biogenim elementima te često korove nazivamo indikatorima tla.

Vlasnjača (*Poa annua* L.) se pojavljuje na tlima s niskim sadržajem humusa i kalcija, a visokim sadržajem magnezija, dok se čičak (*Arctium lappa* L.) može naći na tlima koja su bogata željezom i sumporom, a siromašna kalcijem i magnezijem. Širokolisni trputac (*Plantago major* L.) je indikator visoke koncentracije klora, kalija, magnezija i natrija u tlu dok je sadržaj kalcija u takvim tlima vrlo nizak. Višak kalija uočava se povećanim rastom djeteline (*Trifoluim pratense* L.) na nekom tlu, a stolisnik (*Achillea millefolium* L.) ukazuje na nisku raspoloživost kalija.

Korovi mogu poslužiti kao ispaša za pčele, stelja pa čak i hrana čovjeku. Mogu se koristiti kao izvor prirodnih boja, sirovina u industriji, biopesticidi, a mogu poslužiti i kao malč te sprječavaju stvaranje pokorice tla, služe kao hrana brojnim štetnicima itd.

8.1.Korovi indikatori alkalnih tala

Tla kojima je pH veći od 7,0 najčešće sadrže velike koncentracije kalcija i magnezija. Korovi koji se najčešće nalaze na alkalnim tlima su: zvončić, divlja mrkva, loboda, cikorija (Slika 8.), kraljevski kokotić (Slika 9.), kadulja, ljetni gorocvijet, mala krvara i dr. (http://www.geograph.org.uk/photo/4027779)



Slika 8. Cikorija, *Cichorium intybus* L.
http://dijetaplus.com/wp-content/uploads/2014/01/cikorija.jpg



Slika 9. Kraljevski kokotić, *Consolida regalis* S.F.Gray
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/e/e0/Consolida_regalis_003.JPG/799px-Consolida_regalis_003.JPG

8.2. Korovi indikatori kiselih tala

Najčešće korovske vrste koje rastu na ovakvim tlima su: tratinčica, maslačak, mahovina, kopriva, trputac, divlje jagode, divlja rotkva, paprat (Slika 10.), heljda (Slika 11.), kiselica, podbjel, divlja maćuhica, poljska preslica i dr.

Različak (*Centaurea cyanus* L.) je izvrstan indikator pH tla zbog toga što je boja njegovih cvjetova u kiseloj sredini ružičasta, dok je u alkalnoj plava.



Slika 10. Paprat, *Pteridium aquilinium* (L.) Kuhn
https://plants.ces.ncsu.edu/media/images/PteriAq.jpg



Slika 11. Heljda, *Fagopyrum eskulentum* Moench.
https://i.pinimg.com/564x/ae/67/55/ae6755ba6016acebe2c2cb7c397e37ec.jpg

8.3. Korovi indikatori humusnih tala

Na plodnim i humusnim tlima mogu se naći različite korovske vrste: čičak, cikorija, loboda (Slika 12.), crna pomoćnica, mišjakinja, obična i mala kopriva (Slika 13.), rusomača i dr.



Slika 12. Bijela loboda, *Chenopodium album* L.
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/0/01/ChenopodiumAlbum001.JPG/1024px-ChenopodiumAlbum001.JPG



Slika 13. Mala kopriva, *Urtica urens* L.
http://www.homeo-herb.com/wp-content/uploads/2013/04/kopriva-mala.jpg

9. UTJECAJ pH NA HORTIKULTURNO BILJE

Za uzgoj biljaka danas se koriste različiti supstrati (hidroponski uzgoj, aeroponski uzgoj, itd.) iako je tlo još uvijek najvažniji prirodni polifazni sustav. Različiti tipovi tala odlikuju se različitim fizikalnim, kemijskim i biološkim svojstvima koja značajno utječu na rast i razvoj biljke. Koliko će biljna proizvodnja biti uspješna u velikoj mjeri ovisi o opskrbljenosti tla biljnim hranivima te o njihovoj raspoloživosti. Na mobilnost hraniva u tlu značajno utječe pH reakcija tla.

U svom radu "Reakcija tla – bitan preduvijet za odabir bilja u hortikulturi" Herak Ćustić i sur. (2005.) daju detaljan prikaz potreba pojedinih ukrasnih vrsta za pH vrijednošću tla koristeći rezultate vlastitih istraživanja i rezultate iz literature.

Prema istim autorima u hortikulturnoj praksi dolazi do pojavnosti grešaka uzrokovanih krivim odabirom tla za pojedine biljne vrste ili nepoznavanjem potreba pojedinih biljnih vrsta za pH vrijednošću tla. Upravo ove greške koje negativno utječu na rast i razvoj ukrasnog bilja najčešće uzrokuju njihovo sušenje i propadanje.

Pojam ukrasno bilje obuhvaća rezano cvijeće, trajnice, lončanice, travnjake, grmove i stabla. Prema Fincku (1982.) većina ukrasnog bilja zahtjeva optimalni pH između 5,5 i 6,0. Neke biljne vrste vole jako kisela tla (pH 4,0 - 4,5) kao npr. rod *Erica* (Slika 14.), *Azalea* (Slika 15.), *Hydrangea* (plava) (Slika 16.) *i Rhododendron* (Slika 17.) (Hartmann i sur., 1998., Brickell, 2003.)



Slika 14. Erika, *Erica multiflora* L.
http://www.floraitaliae.actaplantarum.org/download/file.php?id=371528



Slika 15. Azaleja, *Azalea indica* L.
https://i.pinimg.com/564x/85/e5/75/85e575b3809ec23a35a93a274822bb6c.jpg

pH tla može utjecati i na boju cvijeta te se često navodi kako je za rod *Hydrangea* plava optimalna pH reakcija između 6,5 i 7,5, dok većina autora taj pH smatra optimalnim za uzgoj *Hydrangeae* bijele i ružičaste (Herak Ćustić i sur., 2005.).



Slika 16. Hortenzija plava, *Hydrangea macrophylla* (Thunb.) Ser.
https://www.almanac.com/plant/hydrangea

Biljne vrste koje vole izrazito kiselo tlo u pravilu su vrlo osjetljive na prisutnost karbonata u tlu. Ukoliko se uzgajaju na tlima pri višoj pH vrijednosti i uz prisustvo karbonata dolazi do pojave kloroza na lišću kao posljedica nedostatka željeza, mangana, cinka i fosfora. Ovaj deficit mikroelemenata ne mora biti uzrokovan nedostatkom istih već se javlja kao posljedica nemogućnosti usvajanja navedenih mikroelemenata ili kao posljedica njihove fiziološke inaktiviranosti u biljci (Jug, I., 2008.).



Slika 17. Dlakavi pjenišnik, *Rhododendron hirsutum* L.
https://i.pinimg.com/564x/d1/0d/a6/d10da6f765bafda2b21ade9b794f29b5.jpg

Prema Brickellu (2003.) borovica (*Juniperus communis* L.) (Slika 18.) zahtjeva pH iznad 7,2 dok Hartmann i sur. (1998.) smatraju da je optimalni za razvoj borovice između 4,5 i 6,5. Podaci o optimalnoj pH vrijednosti za uzgoj ruža (*Rosa sp*) (Slika 19. i 20.) u literaturi su različiti te se kreću od 4,5 do 7,0. (Herak Ćustić i sur., 2005.)



Slika 18. Borovica, *Juniperus communis* L.
http://c7.alamy.com/comp/BE90HP/common-juniper-berries-and-foliage-juniperus-communis-conifer-cupressacae-BE90HP.jpg



Slika 19. Ruža, *Rosa x alba* L.
http://s0.geograph.org.uk/geophotos/04/16/01/4160196_de7e1636.jpg



Slika 20. *Rosa x borboniana* 'Ferdinand Pichard'
http://www.geograph.org.uk/photo/4027779

10. ZAKLJUČAK

Nepovoljan pH tla glavni je razlog brojnih problema u debalansu hraniva što utječe na rast i razvoj biljaka kroz pojavu kloroza i nekroza na lišću i plodovima, a samim tim smanjena je kvaliteta i prinos poljoprivrednih proizvoda. Nizak pH tla izaziva niz različitih problema, jer dovodi do deficita kalcija i magnezija, toksičnosti izazvane aluminijem i/ili manganom, smanjene raspoloživost fosfora, niske efikasnost dušične i kalijske gnojidbe, usporenog rasta biljaka, loše strukture tala i drugih posljedica. S druge strane, visok pH izaziva probleme kod usvajanja mikroelemenata (Fe, Mn, Zn, Cu i B), ubrzava razgradnju organske tvari zbog oksidacijskih procesa što dovodi do smanjenja sadržaja humusa u tlu. Kao mjera popravka kiselih tala najčešće se provodi kalcizacija, međutim ona se mora provoditi oprezno, uz detaljnu prethodnu kemijsku analizu tla i razmatranje mjera humizacije, fosfatizacije, unosa mikroelemenata i dr. Iako pojedini tipovi tala ne odgovaraju raznim biljnim vrstama, biljke koje se nalaze na takvim tlima uspjele su razviti različite mehanizme otpornosti i prilagodbe na sredinu u kojoj se nalaze.

Različite poljoprivredne vrste uspijevaju na tlima kojima je pH vrijednost u rasponu između 4 i 8. Hortikulturne vrste uglavnom preferiraju slabo kisela do neutralna tla. U fitocenozama se može naći veliki broj samoniklog bilja i korova koji svojom brojnošću i pojavnošću indiciraju pH reakciju tla. Neke vrste korova mogu uspješno rasti i na kiselom i na alkalnom tlu prilagođavajući se morfološkim promjenama.

Odabir biljne vrste u poljoprivrednoj proizvodnji bi trebalo prilagoditi svojstvima tla ili provesti mjere korekcije istih kako bi biljna proizvodnja bila opravdana i uspješna.

11. LITERATURA

1. Andrew, C. S. (1976.): Effects of calcium, pH and nitrogen on the growth and chemical composition of some tropical and temperate pasture legums. I Nodulation and growth. Aust. J. Agric. Res. 27: 611-623.
2. Bertić B . (1993.): Imisijska acidifikacija tala. U:Program zaštite tala Hrvatske, Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet: 61-69.
3. Borhidi, A. (1995.): Social behaviour, the naturalaness and relative ecological indicator values of the higher plants in the Hungarian flora. Acta Botanica Hungarica, 39: 97-81.
4. Brickell C. (2003.): A-Z Encyclopedia of Garden Plants, The Royal Horticultural Society, Dorling Kindersley Limited, London. 1136.
5. Đurđević B. (2014.): Praktikum iz Ishrane bilja. Poljoprivredni fakultet u Osijeku. Osijek.74. https://www.researchgate.net/publication/295869398 (datum pristupa: 12.08.2017.)
6. Fageria, N. K., Baligar, V. C., Wright, R. J. (1989.): Growth and nutient concentrations of alfalfa and common bean as influenced by soil acidity. Plant Soil 119: 331-333.
7. Finck A. (1982.): Fertilizers and Fertilization, Introduction and Practicak Guide to Crop Fertilization. Wiley – VCH Verlag GmbH, Weinheim. 445.
8. Goss, M .J., Carvalho, M. J.(1992.): Manganese toxicity: the significance of magnesium for the sensivity of wheat plants. Plant Soil, 139: 91 – 98.
9. Hartmann H. T., Kofranek A. M., Rubatzky V. E., Flocker W. J. (1998.): Plant Science, Growth, Development and Utilization of Cultivated Plants, Prentice-Hall International, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey.
10. Herak Ćustić M., Čoga L.,Ćosić T.,Petek M.,Poljak M., Jurkić V.,Pavlović I.,Ljubićić M., Ćustić S. (2005.):Reakcija tla – bitan preduvjet za odabir bilja u hortikulturi. 235-253.
11. http://cms.optimus.ba/Avanti_ApplicationFiles/122/Documents/kiselost_zemljista.pdf (datum pristupa: 16.08.2017.)
12. Islam, A. D. M. S., Edwards, D. G., Asher, C. J. (1980.): pH optimum for crop growth results of flowing solution culture experiment with six species. Plant Soil, 54: 339-357.

13. Janković, M. M. (1971.): Ekologija sa osnovama fitocenologije i preledom tipova vegetacije na zemlji. Naučna knjiga, Beograd.
14. Jug, I. Uzroci kloroze kukuruza na černozemu istočne Hrvatske. Doktorska disertacija. Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek, 2008.
15. Jug, I., Jug, D., Vukadinović, V., Đurđević, B., Vukadinović, V., Stipešević, B., Kovačević, D. (2013.): Negative effects of iron chlorosis. IV International Symposium "Agrosym 2013", Kovačević, D. (ur.), Poljoprivredni fakultet, Istočno Sarajevo, 37-46
16. Kastori, R., Milošević, N., (2011.): Ekološki i fiziološki aspekti kisele sredine. Institut za ratarstvo i povratarstvo Novi Sad. Novi Sad. 199.
17. Kastori, R., Petrović, N., Kovačev, L. (1996.): Neparazitne bolesti i oštećenja šećerne repe. Institut za ratarstvo i povratarstvo Novi Sad. Novi Sad. 223.
18. Kastori, R.,Petrović, N.,Arsenijević – Maksimović, I. (1997.): Teški metali i biljke. 197-257. U: Kastori, R, (ured.) Teški metali u životnoj sredini. Naučni institut za ratarstvo i povrtlarstvo, Novi Sad.
19. Kojić, M., Popović, D., Karadžić, B. (1994.): Fitoindikatori i njihov značaj u proceni ekoloških uslova staništa. Nauka, Beograd.
20. Koyama, H., Toda, T., Hara, T., (2001.): Brief exposure to low – pH stress causes irreversibile damage to the growing root in *Arabidopsis thalina*: pectin – Ca interaction may play in important role in proton rhizotoxicity. J. Exp. Bot. 52: 361-368.
21. Kreuter, M. L. (2008.): Bio vrt: povrtnjak, voćnjak, cvjetnjak – biološko, organsko, prirodno. Marjan tisak Split, 327.
22. Krstić, B., Oljača, R., Stanković, Ž. (2008.): Ekofiziologija biljaka – Mehanizam adaptacije biljaka na nepovoljne činioce. Univerzitet u Banja Luci, Univerzitet u Novom Sadu, Banja Luka. 94 .
23. Mahler, R. L., McDole, R. R. (1987.): Effect of soil pH on crop yield in Northern Idaho. Agr. J. 79: 751-755.
24. Marschner, H. (1991.): Mechanisms of adaptation to acid soils. Plant Soil, 134: 1-20
25. Marschner, H. (1995.): Mineral nutrition of higher plants: second edition. Academic Press, London. 889.
26. Marschner, P., Rengel, Z. (2007.): Contributions of Rizosphere Interactions to Soil Biological Fertility. 81-98. In: Abbot, L. K., Murphy, D. V. (eds.) Soil Biological

Fertility – A Key to Sustainable Land Use in Agriculture. Springer – Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.

27. Miljković, I. (2005.): Fero-kloroza krušaka na južnim obroncima Zagrebačke gore. Pomologia Croatica, 11: 3-4.
28. Moore, D. P. (1974.): Physiological effects of pH on roots. 135-151. In: Carson, E. W. (ed.). The Plant Root and Its Environment. University Press of Virginia, Charlottesville.
29. Murach, D., Matzner, E. (1987.): The influence of soil acidification on root growth of Norway spruce (Picea abies Karst.) and European beech /Fagus silvatica L.). IUFRO Workshop "Woody plant growth in a changing chemical and physical environment", Vancuver (CDN).
30. Murphy, R. P. (1959.): Some factors influencing cation uptake by excised roots of perennial ryegrass. Plant and Siol 10: 242-249.
31. Nelson, L.E. (1983.): Tolerance of 20 rice cultivars to excess Al and Mn. Agron. J. 75: 143 – 138.
32. Noble, A. D., Summer, M. E., Alva, A. K. (1988.): The pH dependency of aluminium phytotoxicity allevation by calcium sulfate. Soil Sci. Soc. Am. J. 52: 1398-1402.
33. Pestana, M., Vaennes, A., Araújo Faria E. (2003.): Diagnosis and correction of iron chlorosis in fruit trees: a review.Food Agriculture & Environment. 1 (1): 46-51.
34. Rorison, I. H. (2000.). The effect of soil acidity on nutrient availability and plant response, pp. 283-304. In: Hutchinson, T. C., Havas, M. (eds.). Effect of Acid Precipitation on Terrestrial Ecosystems. Plenum Press, New York.
35. Schubert, S., Schubert E., Mengel, K. (1990.): Effect of low pH of the root medium on proton release, growth and nutrient uptake of field beans (Vicia faba). Plant Soil, 124: 239-244.
36. Soil Survey Division Staff (1993.): „Soil survey manual. Chapter 3, selected chemical properties."oil Conservation Service. U. S. Department of Agriculture Handbook 18.
37. Vitorello, V. A., Campladi, F. R., Stefanuto, V. A. (2005.): Recent advance in aluminium toxicity and resistance in higher plants. Braz. J. Plant Physiol., 17: 129-143.
38. Vukadinović V., Jug I., Đurđević B . (2014.) Ekofiziologija bilja , Sveučilišni udžbenik, naklada Neformalna savjetodavna služba Osijek. Osijek. 223.

39. Vukadinović V., Vukadinović V. (2011.): Ishrana bilja, Sveučilišni udžnenik. Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek. 439.
40. Vukadinović, V. i Vukadinović, V.: pH vrijednost tla. http://tlo-i-biljka.eu/tekstovi/pH_tla.pdf (datum pristupa: 12.08.2017.)
41. Yan, F., Schubert S., Mengel K. (1992.): Effect of Low Root Medium pH on Net Proton Release, Root Respiration, and Root Growth of Corm (Zea mays L.) and Broad Bean (Vicia faba L.). Plant Physiology, 99: 415-421.
42. Zsoldos, F., Erdei, L.(1981.): Membrane and ion-transport properties in cereals under acidic and alakaline-stress. I. Effects of pH on potassium and growth of rice and wheat. Physiol Plant. 53: 468-470.