6 LAHKO DOSTOPNA FOSFOR IN KALIJ V TLEH

Fosfor in kalij spadata med najpomembnejša rastlinska makrohranila, zato je poznavanje njune dinamike v tleh in fiziološki pomen v rastlinah za agronomsko prakso izredno pomemben. Lahko dostopni fosfor in kalij je tisti del celokupne vsebnosti teh dveh elementov, ki se nahaja v talni raztopini ali pa je kot izmenljivi ion adsorbtivno vezan na talnih koloidih in kot tak dostopen za rastline - rastlinam dostopni fosfor in kalij.

FOSFOR

Fosfor v tleh

Vsega fosforja je v tleh do globine 20 cm 600-4500 kg/ha (0,02-0,15 %; povprečno 0.06%). Največji delež fosforja v tleh se nahaja v obliki anorganskih soli (fosfatov) in organskih spojin; ki so rastlinam dostopni šele po procesu **preperevanja** oziroma **mineralizacije**. Rastlinam dopostopni fosfor je le v obliki anionov **$H_2PO_4^-$, HPO_4^{2-} in PO_4^{3-}**, ki jih je v talni raztopini zelo malo (0.00002 - 0.0001%). Fosfati se v tleh močno vežejo na mineralni in organsnski sorptivni del tal zato lahko s fosforjem gnojimo tudi na daljše obdobje (na zalogo). Dostopnost vezanega fosforja rastlinam je odvisna od talnih dejavnikov, v največnji meri od **kislosti tal** oziroma deleža prostih karbonatov v tleh. V nevtralnih in slabo kislih tleh je relativno dobro dostopen. V močno kislih tleh je težko dostopen, ker se veže s prostimi železovimi in aluminijevemi kationi v netopne fosfate, v alkalnih tleh pa se lahko veže v težje dostopen apatit (heksagonalni kalcijev fosfat).

Fosfor v rastlinah

Fosfor je element, ki je zastopan v vsaki živi celici, skoncentriran pa je v semenih in rastnih vršičkih. Običajna količina fosforja v suhi snovi rastlin je 0,03-0,70 % in je proporcionalna količini fosforja v talni raztopini. Rastline, ki jim primanjkuje fosforja, zakasnijo v razvoju in nastanejo motnje v tvorbi semen. V rastlinskem soku je koncentracija fosforja stokrat do tisočkrat večja, kot v talni raztopini. Rastline fosfate aktivno sprejemajo (Furlan, 1981), so dobro gibljivi in po rastlini potujejo tja, kjer so potrebni. V rastlinskih celicah je fosfor v spojinah z C,H,O,N in drugimi elementi, ki tvorijo kompleksne organske molekule. Fosfor je esencialen element v celičnem jedru in sodeluje pri celični delitvi. Zelo pomemben je pri tvorbi energetsko bogatih vezi ATP in ADP. Najdemo ga v membranah mitohondrijev in kloroplastov.

Gnojenje s fosforjem

S fosforjem lahko gnojimo založno na več let. Za optimalne pridelke je nujno gnojenje z anorganskimi fosforjevimi gnojili, ker v gnoju in ostalih organskih gnojilih ni dovolj fosforja, vendar organsko gnojenje povzroči posredno boljšo oskrbo s fosforjem, ker kisline, ki nastajajo ob razkrajanju organske mase, povečujejo količino dostopnega fosforja v talni raztopini (Furlan, 1981).

Tabela 6.1: Založenost tal s fosforjem po AL metodi in meje razredov (Leskošek, 1993)

stopnja	mg P_2O_5/100g tal	stanje preskrbljenosti tal
A	< 6	siromašno
B	6-12	srednje preskrbljeno
C	13-25	dobro (cilj dosežen)
D	26-40	čezmerno
E	>40	ekstremno

KALIJ

Kalij v tleh

Kalija je v tleh več kot fosforja: 20000 - 50000 kg/ha (povprečno 1.5 %) (Mengel in Kirkby, 1987). Največ je vezanega v primarnih mineralih, kjer je strukturni element, zastopan pa je tudi v sekundarnih glinenih mineralih, ki tvorijo glinasto frakcijo tal (< 2 μm). Zato je oskrba tal s kalijem iz organske snovi v primerjavi z mineralnim izvorom skoraj zanemarljiva. V naravnih razmerah je glavni vir K za rastline preperevanje mineralov. Med primarnimi minerali so najpomembnejši K-glinenci, ki vsebujejo 4-15 % K. V procesu **preperevanja kamnin** se delež mineralno vezanega kalija zmanjšuje. Primer je preperevanje sljud:

sljude [10% K] ⇒ **hidratizirane sljude** [6-8% K] ⇒ **ilit** [4-6 %K] ⇒ **vermikulit, montmorilonit**[do 2 % K]

V sekundarnih glinenih mineralih je K sorbiran v medplastovnih režah (približno 90 % talnega K je vezanega med sloje glinenih minaralov ilita, vermikulita in montmorilonita), od koder prehaja v talno raztopino. Velika koncentracija H^+ in majhna koncentracija K^+ pospešujeta ta proces. Ločimo izmenljivi K in neizmenljivi oz. fiksirani K, ki ga ne moremo izmenjati z $NH4^+$, lahko pa se sprosti med rastno dobo. Delež izmenljivega kalija pada z naraščajočo vsebnostjo gline v tleh (Mengel in Kirkby, 1987). Za prehrano rastlin je **pomemben kalij v talni raztopini** (manj kot 0,01 %) in **izmenljiv kalij** (1 %).

Kalij v rastlinah

Za vse žive organizme je K nujno potreben element. Za rastline je eden najpomembnejših kationov. Rastline ga sprejemajo v velikih količinah. V rastlinskem tkivu je povprečno 2.-5. % K v suhi snovi (Furlan, 1981) in sicer v obliki organskih in anorganskih soli. Sprejem poteka delno pasivno, pri majhnih koncentracijah K v talni raztopini pa aktivno. Po rastlini se premešča iz starejših delov v mlada rastlinska tkiva (k metabolično aktivnim listom in merisistematskemu tkivu). Največ ga rastlina porabi v vegetativni fazi razvoja. K vpliva na vodni status v rastlini. V celicah dviga osmotski pritisk, zaradi česar se poveča sprejem in zadrževanje vode, zmanjša pa se transpiracija vode (manjši transpiracijski koeficient) Podobno vpliva tudi na delovanje stomatalnega aparata (Furlan, 1981). Visoke koncentracije kalija v celicah zmanjšujejo možnost poškodovanja tkiva zaradi znižanja točke zmrzovanja. Poleg tega K aktivira delovanje številnih encimov, ki katalizirajo sintezo ali presnovo, in tako posredno vpliva na izgraditev visoko molekularnih spojin. Vpliva tudi na izgraditev celičnih sten. Znamenja pomanjkanja K niso takoj opazna. Najprej se upočasni rast, nato se na robovih listov pokažejo svetlorumene pege, ki odmrejo. Zaradi padca osmotskega pritiska dobijo rastline uvel videz. Listi so majhni in sedijo na poganjku, odmirajo cvetni nastavki. Vse spremembe se najprej pokažejo na starejših delih rastlin (Mengel in Kirkby, 1987, Furlan, 1981).

Gnojenje s kalijem

Z gnojenjem vračamo v tla s pridelkom odvzete količine K. Letni odvzem je odvisen od rastline in je od 40 do 250 kg/ha (Mengel in Kirkby, 1987). V tleh se kalijeva gnojila najprej raztopijo v talni raztopini, nato pa se K adsorbira na koloidni kompleks. V tej obliki se ne izpira, rastlinam pa je sorazmerno lahko dostopen. V manjših količinah se fiksira v medlamelarne prostore glinenih mineralov - **fiksacija kalija**, odkoder je težje dostopen rastlinam (Finck, 1982). Pri gnojenju s kalijem moramo zato poznati tudi **lastnosti tal.** Odmerki kalija so v težjih tleh večji tako pri založnem kot rednem gnojenju. Kadar so tla pregnojena s kalijem, lahko pride do luksuzne porabe kalija, kar pomeni, da rastline sprejemajo več kalija, kot ga je potrebno za maksimalni pridelek, ob tem pa ne sprejemajo dovolj kalcija in magnezija zaradi česar pride do **fizioloških bolezni** plodov sadnih rastlin ali sušenja pecljevine pri vinski trti in podobno (Leskošek, 1993).

Tabela 6.2: Založenost tal s kalijem po AL metodi in meje razredov (Leskošek, 1993)

stopnja	mg K_2O/100g tal		stanje preskrbljenosti tal
	lahka do srednje težka tla	*težka tla*	
A	< 10	< 12	siromašno
B	10-19	12-22	srednje preskrbljeno
C	20-30	23-33	dobro (cilj dosežen)
D	31-40	34-45	čezmerno
E	>40	>45	ekstremno

VAJA: DOLOČANJE LAHKO DOSTOPNEGA FOSFORJA IN KALIJA - AL METODA PO EGNER - RIEHM- DOMINGU

Določevanje lahko dostopnega P in K izvajamo v dveh delih. V prvem delu ekstrahiramo P in K s pomočjo AL - ekstrakcijske raztopine, ki je po sestavi 0,1M amonlaktat in 0,4M ocetna kislina (pH=3,7). V drugem delu pa v ekstraktu določimo P kolorimetrično, K pa plamensko fotometrično.

EKSTRAKCIJA P IN K IZ TAL

PRIBOR:
- plastenke (200ml)
- stresalnik
- pribor za filtriranje
- 50ml bučke

REAGENTI:
- konc. AL raztopina: zatehtamo 1000g mlečne kisline p.a., prelijemo z 2000ml destilirane vode in pokrito postavimo v termostat na 95 do 98oC za 48 ur, da hidrolizira. Po ohladitvi določimo tpčno koncentracijo raztopine s titracijo z NaOH ali KOH znane molarnosti in fenolftaleinom kot indikatorjem. Zatehtamo 1000g/A razredčene mlečne kisline v 10l čašo, dodamo 1785ml ocetne kisline (96%) in 770g amon-acetata in dopolnimo z destilirano vodo do 10l.
- ekstrakcijska raztopina: koncentrirano raztopino razredčimo 10-krat

POSTOPEK:
V reagenčno plastenko zatehtamo 5g vzorca tal (<2mm), prelijemo s 100ml ekstrakcijske AL raztopine, zapremo in damo na stresalnik za 2 uri. Ekstrakt prefiltriramo skozi filter papir (modri trak). Prvi del filtrata zavržemo, ker je moten.

DOLOČEVANJE LAHKO DOSTOPNEGA FOSFORJA

V ekstraktu se vsebnost P določa z razvijanjem modre barve z amon molibdatom in redukcijskim sredstvom (klorid). Pri dodatku amon molibdata v kisli raztopini v prisotnosti klorida nastaja s fosforjem iz ekstrakta reducirani fosfor-molibdatni kompleks modre barve. Intenzivnost nastale modre barve je v določenem območju vsebnosti P linearno odvisna od vsebnosti P v ekstraktu.

PRIBOR :
- 50ml bučke
- spektrofotometer

REAGENTI:

- **raztopina amonheptamolibdata $(NH_4)_6Mo_7O_{24}$x $4H_2O$**: 50g amonmolibdata topimo pri 80°C v 800ml deionizirane vode, ohladimo in razredčimo z vodo do 1000ml
- **redukcijsko sredstvo**: 1,25g aksorbinske kisline in 350mg $SnCl_2$ x $2H_2O$ topimo v 50ml HCl (c=10 mol/l) in dopolnimo z deionizirano vodo na 100ml. Raztopina mora biti dnevno sveža.
- **osnovna standardna raztopina 1mg P_2O_5/ml**: zatehtamo 1,917g KH_2PO_4, raztopimo v nekaj ml AL raztopine in razredčimo z deionizirano vodo do 1000ml. **Iz osnovne standardne raztopine pripravimo standardne raztopine z odgovarjajočimi koncentracijami (običajno 5, 10, 20, 30 mg P_2O_5 / 100 g tal) za umeritveno krivuljo.**

POSTOPEK:
V epruveto odpipetiramo 10 ml ekstrakta vzorca, dodamo 15 ml vode, 1 ml amonmolibdata in 1 ml redukcijskega sredstva ter dobro premešamo. Po enakem postopku pripravimo tudi standarde in slep vzorec. Približno 10 minut po razvitju modre barve merimo absorbcijo na spekrofotometru pri 580 nm glede na slep vzorec.

DOLOČEVANJE LAHKO DOSTOPNEGA KALIJA

PRIBOR:
- 50ml bučke
- plamenski fotometer

REAGENTI:
- osnovna standardna raztopina kalija 1 mg K / ml. Iz nje pripravimo standardne raztopine z odgovarjajočimi koncentracijami (običajno 5, 10, 20, 30 µg K / ml) za umeritveno krivuljo.

POSTOPEK:
Kalij merimo direkno v ekstraktu vzorca s plamenskim fotometrom. Rezultat meritev je podan v µg K / ml ekstrakta, zato ga je potrebno preračunati v mg K_2O / 100 g tal.

IZRAČUN:

$$W_{(K)} = c_{(K)} \cdot V \cdot 1{,}2 \cdot 100 \ / \ m \cdot 1000_{(m)}$$

$W_{(K)}$ - vsebnost kalija v vzorcu tal [mg K_2O / 100 g tal]
$c_{(K)}$ - vsebnost kalija v ekstraktu vzorca tal [µg K / ml]
V - volumen ekstrakcijske raztopine [ml]
1,2 - pretvorbeni faktor ($K \rightarrow K_2O$)
100 - pretvorbeni faktor (1 g → 100 g)
m - masa zatehtanega vzorca tal [g]
$1000_{(m)}$ - pretvorbeni faktor (µg → mg)

Interpretacija rezultatov- glej tabeli 6.1 in 6.2.