



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ  
ПОЉОПРИВРЕДНИ ФАКУЛТЕТ

ПРАКТИКУМ ИЗ АГРОХЕМИЈЕ



## ПРАКТИКУМ ИЗ АГРОХЕМИЈЕ

Проф. др Маја Манојловић  
Доц. др Ранко Чабировски

Проф. др Маја Манојловић  
Доц. др Ранко Чабировски





УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ, ПОЉОПРИВРЕДНИ ФАКУЛТЕТ

Проф. др Маја Манојловић

Доц. др Ранко Чабировски

## **ПРАКТИКУМ ИЗ АГРОХЕМИЈЕ**

## ЕДИЦИЈА ПОМОЋНИ УЏБЕНИК

### ***Оснивач и издавач едиције:***

Пољопривредни факултет, Нови Сад, Трг Доситеја Обрадовића 8, 2100 Нови Сад

***Година оснивања:*** 1954

### ***Главни и одговорни уредник едиције:***

Др Недељко Тица, редовни професор. Декан пољопривредног факултета.

### ***Чланови комисије за издавачку делатност:***

Др Љиљана Нешић, ванредни професор

Др Бранислав Влаховић, редовни професор

Др Нада Плавша, ванредни професор

Др Милица Рајић, редовни професор.

### ***CIP - Каталогизација у публикацији:***

Библиотека Матице српске, Нови Сад

631.4(075.8)(076)

Praktikum iz агрохемије/ Маја Манојловић, Ранко Чабиловски. - Novi Sad: Poljoprivredni fakultet, 2019 (Novi Sad: FB print). - **90 str. : ilustr. ; 30 cm**

***Tiraž:*** 20.

***ISBN*** 978-86-7520-486-2.

Манојловић Маја, 1963- [аутор] 2. Чабиловски Ранко, 1981- [аутор] а) АГРОХЕМИЈА - Практикуми **COBISS.SR-ID 289696263**

***Аутори:***

Др Маја Манојловић, редовни професор

Др Ранко Чабиловски, доцент

***Главни и одговорни уредник:***

Др Недељко Тица, редовни професор, Декан пољопривредног факултета у Новом Саду.

***Уредник:***

Др Драгана Латковић, ванредни професор, Директор департмана за ратарство и повртарство, Пољопривредни факултет у Новом Саду.

***Технички уредник:***

Др Ранко Чабиловски, доцент

***Рецензенти:***

Др Даринка Богдановић, редовни професор у пензији, Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет

Др Владо Личина, редовни професор у пезији, Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет

**Издавач:** Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет, Нови Сад.

**Штампа:** Ф.Б. принт, Нови Сад

**Штампање одобрио:** Комисија за издавачку делатност, Пољопривредни факултет, Нови Сад.

**Тираж:** 20.

**Место и година штампања:** Нови Сад, 2020.

## ПРЕДГОВОР

У овом практикуму, обрађене су практичне, лабораторијске и рачунске вежбе прилагођене наставном плану и програму основних студија предмета из уже научне области Агрохемија, а намењене су студентима Ратарско-повртарског смера, Воћарско-виноградарског, Хортикултуре, Фитомедицине, Агроекологије и заштите животне средине а могу га користити и студенти смера Органска пољопривреда и Агроекономског смера. Такође, поједине методе, приказане у практикуму, могу да буду од значаја студентима мастер и докторских студија.

У првом делу Практикума, приказане су методе испитивања плодности земљишта и посебан акценат је дат на правилно узимање узорака земљишта и биљног материјала (поглавља 1, 2 и 3).

Четврто поглавље се односи на хемијске методе испитивања земљишта.

Значај вегетационих огледа са аспекта испитивања утицаја плодности земљишта и примене ђубрива на биљке, приказан је поглављу 6.

Значајан део Практикума се односи на Ђубрива, са нагласком на поделу, особине, методе анализе ђубрива и принципе примене ђубрива (поглавља 5 и 7).

Надамо се да ће овај практикум корисно послужити како студентима за савладавање предвиђеног градива као и да ће им бити помоћ приликом израде дипломских, мастер и других радова.

*Аутори*

.

# САДРЖАЈ

|                                                                                                                                 |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. МЕТОДЕ ЗА УТВРЂИВАЊЕ ПОТРЕБА ЂУБРЕЊА ЗЕМЉИШТА И БИЉАКА.....                                                                  | 9  |
| 1.1. Хемијске методе испитивања земљишта .....                                                                                  | 9  |
| 1.2. Биолошке методе испитивања земљишта.....                                                                                   | 10 |
| 1.3. Методе вегетационих огледа у пољу .....                                                                                    | 10 |
| 1.3.1. Метода вегетационих огледа у судовима.....                                                                               | 11 |
| 1.3.2. Неубаурова метода .....                                                                                                  | 11 |
| 1.3.3. Метода фолијарне анализе .....                                                                                           | 11 |
| 1.3.4. Методе визуелне дијагностике.....                                                                                        | 12 |
| 1.3.5. Метода биљака индикатора.....                                                                                            | 12 |
| 1.4. Микробиолошке методе .....                                                                                                 | 12 |
| 2. МЕТОДОЛОГИЈА УЗИМАЊА И ПРИПРЕМАЊА УЗОРАКА ЗЕМЉИШТА ЗА АНАЛИЗУ У СИСТЕМУ КОНТРОЛЕ ПЛОДНОСТИ ЗЕМЉИШТА И УПОТРЕБЕ ЂУБРИВА ..... | 14 |
| 2.1. План узорковања.....                                                                                                       | 15 |
| 2.2. Начини узимања узорака .....                                                                                               | 16 |
| 2.2.1. Узимање узорака на малим површинама.....                                                                                 | 16 |
| 2.2.2. Узимање узорака на великим површинама .....                                                                              | 17 |
| 2.3. Време узимања узорака .....                                                                                                | 20 |
| 2.4. Дубина узимања узорака .....                                                                                               | 21 |
| 2.5. Узорковање земљишта .....                                                                                                  | 21 |
| 2.6. Припремање узорака за анализу.....                                                                                         | 24 |
| 2.6.1. Припремање узорака за анализу исновних агрохемијских својстава, микроелемената и тешких метала .....                     | 24 |
| 2.6.2. Припремање узорака земљишта за одређивање минералног азота за потребе N-мин. методе .....                                | 25 |
| 3. УЗОРКОВАЊЕ БИЉНОГ МАТЕРИЈАЛА У ЦИЉУ УТВРЂИВАЊА ОБЕЗБЕЂЕНОСТИ БИЉАКА ХРАНЉИВИМ ЕЛЕМЕНТИМА .....                               | 27 |
| 3.1. Избор органа за узорковање.....                                                                                            | 27 |
| 3.2. Мрежа узорковања .....                                                                                                     | 27 |
| 3.3. Термини узимања узорака и величина узорка.....                                                                             | 28 |
| 3.4. Припрема узорака за анализу.....                                                                                           | 31 |
| 3.5. Тумачење резултата анализе .....                                                                                           | 31 |

|         |                                                                                                                                              |    |
|---------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.      | ХЕМИЈСКЕ МЕТОДЕ АНАЛИЗЕ ЗЕМЉИШТА .....                                                                                                       | 36 |
| 4.1.    | ОДРЕЂИВАЊЕ рН-ВРЕДНОСТИ ЗЕМЉИШТА .....                                                                                                       | 36 |
| 4.1.1.  | Класификација земљишта према рН вредности .....                                                                                              | 39 |
| 4.2.    | ОДРЕЂИВАЊЕ САДРЖАЈА КАРБОНАТА (ВОЛУМЕТРИЈСКА МЕТОДА) .....                                                                                   | 40 |
| 4.2.1.  | Класификација земљишта .....                                                                                                                 | 44 |
| 4.3.    | ОДРЕЂИВАЊЕ УКУПНОГ АЗОТА У ЗЕМЉИШТУ Semimikro-Kjeldahl-овом МЕТОДОМ ...                                                                      | 46 |
| 4.3.1.  | Класификација земљишта према садржају укупног азота у земљишту .....                                                                         | 50 |
| 4.4.    | ОДРЕЂИВАЊЕ МИНЕРАЛНОГ АЗОТА У ЗЕМЉИШТУ .....                                                                                                 | 52 |
| 4.4.1.  | Одређивање $\text{NH}_4\text{-N}$ .....                                                                                                      | 53 |
| 4.4.2.  | Одређивање $\text{NO}_3\text{-N}$ и $\text{NO}_2\text{-N}$ .....                                                                             | 53 |
| 4.5.    | ОДРЕЂИВАЊЕ МИНЕРАЛНОГ АЗОТА У ЗЕМЉИШТУ ПО МЕТОДИ Scharpf-a & Wehrmann-a (за ђубрење на бази N-мин. методе) .....                             | 55 |
| 4.5.1.  | Одређивање $\text{NO}_3\text{-N}$ .....                                                                                                      | 56 |
| 4.5.2.  | Одређивање $\text{NH}_4\text{-N}$ .....                                                                                                      | 56 |
| 4.6.    | ОДРЕЂИВАЊЕ ЛАКОПРИСТУПАЧНОГ ФОСФОРА И КАЛИЈУМА У ЗЕМЉИШТУ .....                                                                              | 57 |
| 4.6.1.  | Колориметријско одређивање фосфора .....                                                                                                     | 58 |
| 4.6.2.  | Пламенфотометријско одређивање калијума .....                                                                                                | 60 |
| 4.7.    | ОДРЕЂИВАЊЕ ЛАКОПРИСТУПАЧНОГ ФОСФОРА И КАЛИЈУМА У ЗЕМЉИШТУ АЛ-МЕТОДОМ (Egner & Riehm, 1958) .....                                             | 61 |
| 4.7.1.  | Класификација земљишта према садржају лако приступачног фосфора и калијума 65                                                                |    |
| 4.8.    | ОДРЕЂИВАЊЕ САДРЖАЈА ОРГАНСКЕ МАТЕРИЈЕ (ХУМУСА) У ЗЕМЉИШТУ ПО Тјурину. 69                                                                     |    |
| 4.8.1.  | Класификација земљишта .....                                                                                                                 | 71 |
| 4.9.    | ОДРЕЂИВАЊЕ ПРИСТУПАЧНОГ МАГНЕЗИЈУМА У ЗЕМЉИШТУ ПО МЕТОДИ Schachtschabel-a .....                                                              | 73 |
| 4.9.1.  | Класификација земљишта према садржају приступачног магензијума .....                                                                         | 73 |
| 4.10.   | ОСНОВНИ ПРИНЦИПИ АТОМСКЕ АПСОРПЦИОНЕ СПЕКТРОФОТОМЕТРИЈЕ .....                                                                                | 75 |
| 4.11.   | ОДРЕЂИВАЊЕ УКУПНОГ (ПСЕУДОУКУПНОГ) САДРЖАЈА МИКРОЕЛЕМЕНАТА (Fe, Mn, Zn и Cu) У ЗЕМЉИШТУ МЕТОДОМ АТОМСКЕ АПСОРПЦИОНЕ СПЕКТРОФОТОМЕТРИЈЕ ..... | 77 |
| 4.12.   | ОДРЕЂИВАЊЕ ПРИСТУПАЧНОХ ОБЛИКА МИКРОЕЛЕМЕНАТА (Fe, Mn, Cu и Zn) У ЗЕМЉИШТУ НАКОН ЕКСТРАКЦИЈЕ ДТРА РАСТВОРОМ .....                            | 80 |
| 4.12.1. | Класификација земљишта .....                                                                                                                 | 82 |
| 4.13.   | ОДРЕЂИВАЊЕ ПРИСТУПАЧНИХ ОБЛИКА МИКРОЕЛЕМЕНАТА (Fe, Mn, Cu и Zn) У ЗЕМЉИШТУ НАКОН ЕКСТРАКЦИЈЕ EDTA РАСТВОРОМ .....                            | 83 |
| 4.13.1. | Класификација земљишта .....                                                                                                                 | 85 |
| 4.14.   | ОДРЕЂИВАЊЕ ПРИСТУПАЧНИХ ОБЛИКА БОРА У ЗЕМЉИШТУ .....                                                                                         | 86 |

|         |                                                                                                                            |     |
|---------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.14.1. | Класификација земљишта према садржају приступачног бора .....                                                              | 88  |
| 5.      | НЕОРГАНСКА ЂУБРИВА.....                                                                                                    | 89  |
| 5.1.    | ДЕФИНИЦИЈА И ПОДЕЛА ЂУБРИВА .....                                                                                          | 89  |
| 5.2.    | НАЈВАЖНИЈЕ ОСОБИНЕ МИНЕРАЛНИХ ЂУБРИВА .....                                                                                | 91  |
| 5.3.    | НАЈВАЖНИЈА ПОЈЕДИНАЧНА МИНЕРАЛНА ЂУБРИВА .....                                                                             | 94  |
| 5.3.1.  | Најважнија појединачна азотна ђубрива .....                                                                                | 94  |
| 5.3.2.  | Најважнија појединачна фосфорна ђубрива .....                                                                              | 96  |
| 5.3.3.  | Најважнија појединачна калијумова ђубрива .....                                                                            | 98  |
| 5.4.    | УЗОРКОВАЊЕ И ПРИПРЕМАЊЕ УЗОРАКА МИНЕРАЛНИХ ЂУБРИВА ЗА ХЕМИЈСКЕ АНАЛИЗЕ.....                                                | 100 |
| 5.5.    | ОДРЕЂИВАЊЕ САДРЖАЈА ВЛАГЕ У ЂУБРИВИМА (Гравиметријска метода) .....                                                        | 103 |
| 5.6.    | ОДРЕЂИВАЊЕ ГРАНУЛОМЕРТИЈСКОГ САСТАВА ЂУБРИВА МЕТОДОМ ПРОСЕЈАВАЊА .....                                                     | 104 |
| 5.7.    | ОДРЕЂИВАЊЕ АМОНИЈАЧНОГ ( $\text{NH}_4\text{-N}$ ) И НИТРАТНОГ ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ) АЗОТА У МИНЕРАЛНИМ ЂУБРИВИМА..... | 107 |
| 5.8.    | ОДРЕЂИВАЊЕ АЗОТА У АМИДНИМ ЂУБРИВИМА (МЕТОДОМ СПЕКТРОФОТОМЕТРИЈЕ) .....                                                    | 109 |
| 5.9.    | ОДРЕЂИВАЊЕ САДРЖАЈА ФОСФОРА У НЕОРГАНСКИМ ЂУБРИВИМА.....                                                                   | 112 |
| 5.10.   | ОДРЕЂИВАЊЕ САДРЖАЈА ФОСФОРА РАСТВОРЉИВОГ У МИНЕРАЛНИМ КИСЕЛИНАМА (Спектрофотометријска метода).....                        | 113 |
| 5.11.   | ОДРЕЂИВАЊЕ САДРЖАЈА ФОСФОРА РАСТВОРЉИВОГ У НЕУТРАЛНОМ АМОНИЈУМ-ЦИТРАТУ (Спектрофотометријска метода) .....                 | 117 |
| 5.12.   | ОДРЕЂИВАЊЕ САДРЖАЈА ФОСФОРА РАСТВОРЉИВОГ У ВОДИ (Спектрофотометријска метода) .....                                        | 121 |
| 5.13.   | ОДРЕЂИВАЊЕ САДРЖАЈА КАЛИЈУМА У НЕОРГАНСКИМ ЂУБРИВИМА (Пламенофотометријска метода) .....                                   | 125 |
| 5.14.   | УЗОРКОВАЊЕ ОРГАНСКИХ ЂУБРИВА .....                                                                                         | 128 |
| 5.15.   | МЕШАЊЕ МИНЕРАЛНИХ ЂУБРИВА .....                                                                                            | 131 |
| 5.16.   | ОДРЕЂИВАЊА САДРЖАЈА ВЛАГЕ У ОРГАНСКИМ ЂУБРИВИМА .....                                                                      | 136 |
| 5.17.   | ОДРЕЂИВАЊЕ ОРГАНСКОГ УГЉЕНИКА У ОРГАНСКИМ ЂУБРИВИМА.....                                                                   | 137 |
| 5.18.   | ОДРЕЂИВАЊЕ УКУПНОГ АЗОТА, ФОСФОРА И КАЛИЈУМА У ОРГАНСКИМ ЂУБРИВИМА .....                                                   | 140 |
| 6.      | ВЕГЕТАЦИОНИ ОГЛЕДИ .....                                                                                                   | 147 |
| 6.1.    | Агрохемијски вегетациони огледи .....                                                                                      | 147 |
| 6.1.1.  | Основни принципи методе вегетационих огледа .....                                                                          | 148 |
| 6.1.2.  | Врсте вегетационих огледа .....                                                                                            | 149 |
| 6.1.3.  | Елементи научних вегетационих огледа .....                                                                                 | 150 |



|        |                                                     |     |
|--------|-----------------------------------------------------|-----|
| 6.1.4. | Методе постављања вегетационих огледа.....          | 153 |
| 6.1.5. | Калибрациони огледи.....                            | 156 |
| 6.1.6. | Примери агрохемијских вегетационих огледа .....     | 158 |
| 7.     | ПРИНЦИПИ ПРИМЕНЕ ЂУБРИВА .....                      | 161 |
| 7.1.   | ЂУБРЕЊЕ АЗОТОМ ПРЕМА $N_{min}$ МЕТОДИ.....          | 161 |
| 7.2.   | ЂУБРЕЊЕ ФОСФОРОМ И КАЛИЈУМОМ – БИЛАНСНИ МЕТОД ..... | 165 |
| 7.3.   | ПРИМЕРИ ЗАДАТАКА ИЗ АГРОХЕМИЈЕ.....                 | 172 |
| 8.     | ПРИЛОГ .....                                        | 174 |
| 8.1.   | МЕРНЕ ЈЕДИНИЦЕ МЕЂУНАРОДНОГ <b>SI</b> СИСТЕМА ..... | 174 |
| 8.2.   | МЕРНЕ ЈЕДИНИЦЕ ВАН МЕЂУНАРОДНОГ SI СИСТЕМА .....    | 177 |
| 9.     | ЛИТЕРАТУРА.....                                     | 181 |

# 1. МЕТОДЕ ЗА УТВРЂИВАЊЕ ПОТРЕБА ЋУБРЕЊА ЗЕМЉИШТА И БИЉАКА

За утврђивање потреба ђубрења земљишта и биљака користе се хемијске, биолошке и микробиолошке методе.

## 1.1. Хемијске методе испитивања земљишта

Хемијским методама се одређују количине хранљивих елемената у земљишту, и на основу добијених вредности се процењује потреба ђубрења земљишта.

Ове методе се заснивају на дејству хемијских средстава којима се хранљиве материје преводе у раствор из кога се погодним аналитичким поступком одређује концентрација појединих хемијских елемената.

Први писани трагови који потврђују примену ђубрива на основу хемијске анализе земљишта датирају из 1845 године када је Даубену у Енглеској вршио екстракцију хранива из земљишта минералном водом, и увео термине *активан* садржај и *скривени* или *пасиван* садржај хранива у земљишту. Под *активним* садржајем подразумевао се садржај хранљивих елемената који се у земљишту налазе у облицима које биљка може усвојити својим кореновим сиситемом, док је скривени садржај представљао садржај хранљивих елемената који се у земљишту налазе у облицима који нису приступачни биљкама.

Данас се анализа плодности земљишта у циљу одређивања врсте и количине ђубрива које треба применити у пољопривредној пракси врши готово искључиво хемијским методама. У односу на остале методе којима се може вршити процена плодности земљишта, хемијске методе су најбрже и најпогодније за серијске анализе, када је у кратком временском периоду потребно анализирати већи број узорак. Поред низа предности, хемијска анализа земљишта као метода за процену плодности, има и значајан недостатак у односу на методе код којих се плодности земљишта процењује на основу приноса гајених биљака. Наиме, да би се након хемијске анализе могла вршити интерпретација добијених резултата и сагледати шта добијени садржај неког хранљивог елемента у земљишту значи са становишта исхране биљака, неопходно је одредити граничне вредности добијених резултата за сваку методу. На основу граничних вредности се добијени резултат хемијске анализе, односно концентрација неког хранљивог елемента у земљишту, карактерише као недовољна, оптимална или прекомерна за исхрану гајених биљака. Да би се добиле граничне вредности садржаја неког хранљивог елемента у земљишту неопходно је извршити калибрацију помоћу биолошких метода испитивања земљишта као што су вегетациони огледи судовима и у пољу, којима се утврђује шта за биљку значи измерени садржај хранљивог елемента неком од хемијских анализа.

## 1.2. Биолошке методе испитивања земљишта

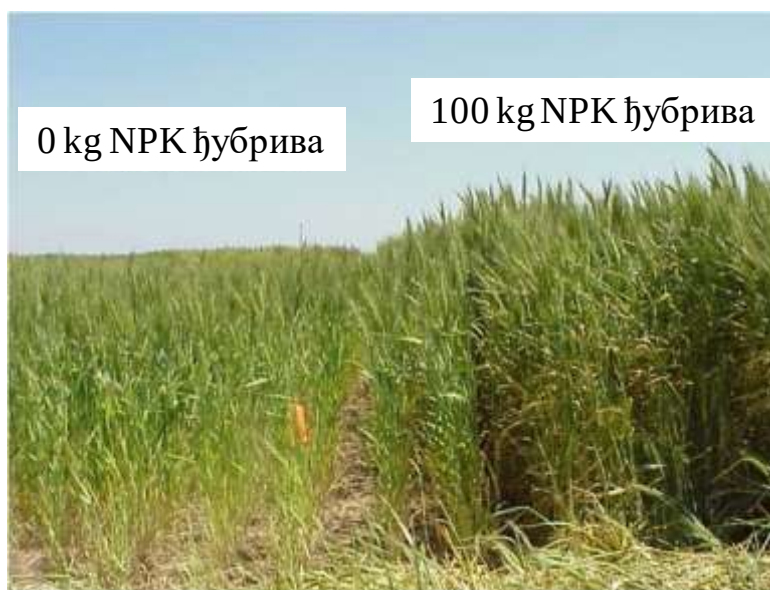
У биолошким методама испитивања земљишта се као средство за утврђивање обезбеђености земљишта хранљивим елементима користе се биљке (односно принос биљака).

Ове методе се деле на:

- метода вегетационих огледа у пољу
- метода вегетационих огледа у судовима
- Неубаурова метода
- метода фолијарне анализе
- метода визуелне дијагностике
- методе биљака индикатора

## 1.3. Методе вегетационих огледа у пољу

Вегетациони огледи у пољу су најподанији начин утврђивања потреба биљке за неопходним хранљивим елементима. Вегетациони огледи у пољу дају квантитативне карактеристике утицаја примене ђубрива у производним условима, и са правом се сматрају последњом кариком у систему агрохемијских испитивања. Принцип ове методе састоји се у истраживању дејства појединих ђубрива на приносе гајених биљака (култура). Из разлика приноса ђубрених и неђубрених парцела, закључује се о дејству ђубрива на принос односно о обезбеђености земљишта појединим хранљивим материјама (Слика 1).



**Слика 1.** Пример вегетационог огледа са Суданском травом (лево неђубрено, десно ђубрено)

### 1.3.1. Метода вегетационих огледа у судовима

Вегетациони судови се напуне испитиваним земљиштем и у њих се засеју биљке. Земљиште у судовима се ђубри према одређеној шеми ђубрења. На основу разлика у приносима по судовима са и без ђубрива, суди се о обезбеђености земљишта биљним хранивима, односно о потреби ђубења земљишта (Слика 2).



**Слика 2.** Вегетациони огледи у судовима са кукурузом (лево) и пшеницом (десно)  
(Аутор: Југ, И.)

### 1.3.2. Неубауерова метода

Овом методом се испитује природни потенцијал земљишта. Посеје се 100 биљака у 100 g земљишта и чува 18 дана у комори под повољним условима за раст и развиће. Велики број биљака усваја целокупну количину лакоприступачних хранива. После 18 дана сви израсли биљни делови се анализирају на садржај фосфора и калијума. На основу њиховог садржаја се суди о обезбеђености земљишта и потреби ђубрења.

### 1.3.3. Метода фолијарне анализе

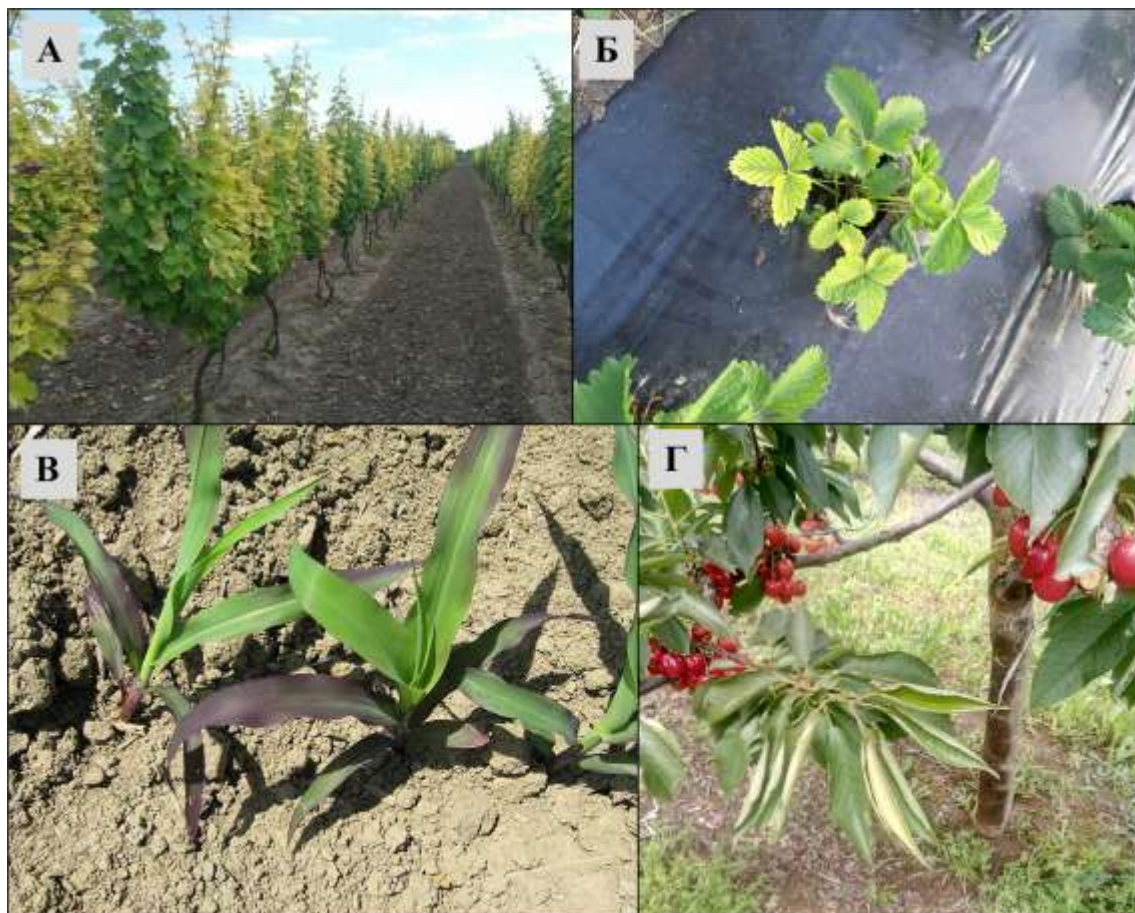
Код ове методе анализирају се поједини биљни органи на садржај N, P и K (Слика 3), јер они својим хемијским саставом одговарају обезбеђености земљишта па се на основу садржаја хранљивих елемената утврђује потреба ђубрења земљишта.



**Слика 3.** Узорак листа јабуке припремљен за хемијске анализе

### 1.3.4. Методе визуелне дијагностике

Биљке различито реагују на недостатак или сувишак неког елемента и при томе показују карактеристичне симптоме који се огледају у морфолошким или анатомским променама, а на основу којих агрономи са великим искуством могу да закључе о недостатку ког елемента се ради (Слика 4).



**Слика 4.** Симптоми недостатка гвожђа код винове лозе и јагоде (А и Б), фосфора код кукуруза (В) и калијума код трешње (Г).

### 1.3.5. Метода биљака индикатора

Неке биљке јаче реагују на недостатак појединих хранљивих елемената и при томе много израженије испољавају знаке тога недостатка него друге. Те биљке називамо биљкама индикаторима.

## 1.4. Микробиолошке методе

Присуство одређених количина и облика биљних хранива у земљишту одређује растење и развиће не само виших биљака, него и микроорганизама. Гајећи одређене микроорганизме, на испитиваним земљиштима, на основу њихове бројности или ензиматске активности може се утврдити њихова плодност.



Од изнетих метода за утврђивање потреба ђубрења земљишта по тачности и поузданости на прво место долази метода пољских огледа. Недостатак ове методе је што је скупа и дуго траје. Успешно се могу применити нарочито хемијске методе, затим огледи у вегетационим судовима и Неубауерова метода, док остале методе могу корисно послужити. Најбоље резултате даје комбинација пољских огледа и хемијских метода анализа.

### ***Задаци за вежбу***

1. Набројте групе метода за утврђивање плодности земљишта, односно потребе ђубрења.
2. Набројте биолошке методе.
3. Опишите укратко методу пољских огледа (предност и недостаци).

## 2. МЕТОДОЛОГИЈА УЗИМАЊА И ПРИПРЕМАЊА УЗОРАКА ЗЕМЉИШТА ЗА АНАЛИЗУ У СИСТЕМУ КОНТРОЛЕ ПЛОДНОСТИ ЗЕМЉИШТА И УПОТРЕБЕ ЂУБРИВА

Значај правилног узимања узорка је у томе што од тога како је узет узорак - правилно или неправилно зависе резултати анализе, а тиме исправност закључка и мера које се предлажу. На основу анализа узорка земљишта од неколико стотина до неколико грама, оцењује се плодност земљишта масе од ~ 3.000.000 kg земљишта, колико тежи слој земљишта површине једног хектара, дубине од 0 до 20 cm одакле је узорак узет. Из тог разлога узорковање земљишта се врши по прецизној методологији која обезбеђује да су узорци правилно узети.

Законом о пољопривредном земљишту „Службени гласник РС” бр. 62/06, 65/08, 41/09 године, чланом 64, став 3., прописано је: “Ради заштите и очувања хемијских и биолошких својстава пољопривредног земљишта од I до V катастарске класе и обезбеђења правилне употребе минералних и органских ђубрива и пестицида власник, односно корисник обрадивог пољ. земљишта врши контролу плодности обрадивог пољ. земљишта и евиденцију количине унетог минералног ђубрива и пестицида. Контрола плодности обрадивог пољопривредног земљишта и количине унетог минералног ђубрива и пестицида врши се по потреби, а најмање сваке пете године. Власници и корисници пољопривредног земљишта, обавезни су да за потребе система контроле плодности земљишта узимају узорке земљишта на научним основама које је усвојило Југословенско друштво за проучавање земљишта на VII Конгресу 1984.године. Осим садржаја биљкама доступних облика хранива ( $\text{NH}_4\text{-N}$ ;  $\text{NO}_3\text{-N}$ ; N, P, K, Ca, Mg, S, Fe и микроелемената), за одређивање плодности земљишта веома су значајне хемијске карактеристике као што су: реакција земљишног раствора (pH), садржај  $\text{CaCO}_3$ , хумуса и адсорбованих катјона, као и садржај токсичних материја.

## 2.1. План узорковања

Пре него што се приступи узимању узорка земљишта на једној парцели прави се план узорковања за ту површину, а који обухвата прикупљање и обраду следећих података:

- Сврха узорковања
- Величина парцеле (уносе се на план границе површине са које ће се узимати узорци) (Слика 5)
- Тип земљишта (утврђује се помоћу педолошке карте)
- Хетерогеност земљишта
- Текстура земљишта
- Експозиција парцеле (јужна, северна, микрорељеф)
- Газдовање парцелом (усеви; ђубрење; приноси)



**Слика 5.** Мапа узорковања (план граница површине са које ће се узимати узорци)

На основу прикупљених података о газдинству и парцели, приступа се плану узорковања, парцела се дели, према прикупљеним карактеристикама, у првом реду према хомогености земљишта, на више јединица са којих ће се узимати просечни узорци, а те јединице се уцртавају у карту плана узорковања и геопозиционирају како би у свим будућим узорковањима у СКПЗ просечан узорак био репрезентативан. Просечан узорак се састоји од 20-25 појединачних узорка и репрезентује површину са које је узет.



## 2.2. Начини узимања узорака

Узорци земљишта могу се узимати на различите начине, међутим сви имају основни заједнички принцип а то је да узорак земљишта што боље репрезентује површину са које су узети. У зависности од величине парцеле постоје разлике у начину узимању узорака.

### 2.2.1. Узимање узорака на малим површинама

Узорковање на малим парцелама састоји се у томе да се појединачни узорци земљишта узимају са целе испитиване површине и да се од њих припремају тзв. „просечни“ узорци. Површина са које се узима један просечан узорак је најчешће 0,5 ха, 1 ха и 2 ха до највише 3 ха, а за припремање једног просечног узорка узима се од 20 до 25 појединачних. Један просечан узорак се увек узима са исте катастарске парцеле, истог педолошког типа, под истом културом и са типичног места. Места на парцели где се узимају појединачни узорци треба да су правилно – равномерно распоређена по целој парцели. Распоред узимања појединачних узорака може бити дијагоналан и шаховски (Слика 1). Места за узимање узорака код дијагоналног распореда су правилно распоређена по дијагоналама парцеле, али су неправилно распоређена по површини парцеле (остају велике површине између дијагонала са којих се не узимају појединачни узорци). Због тога је много бољи „шаховски“ распоред појединачних узорака. Код шаховског распореда места су равномерно распоређена по целој испитиваној површини парцеле, па треба дати предност овом начину узорковања (Слика 6)

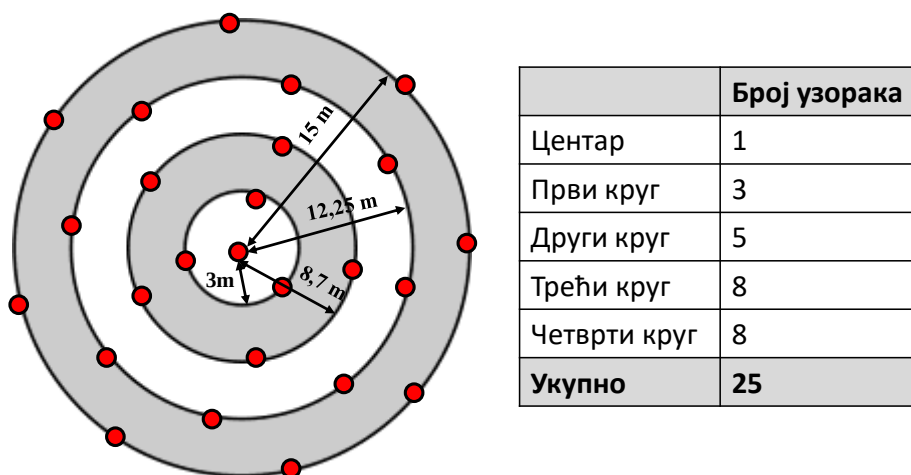


**Слика 6.** Узорковање по дијагоналном и шаховском распореду

## 2.2.2. Узимање узорака на великим површинама

### Узорковање методом круга

На великим парцелама површине 50-100-200 и 300 ha отежана је оријентација и разграничење површина са којих се узимају просечни узорци. У том случају појединачни узорци земљишта не узимају се са целе површине парцеле, већ са тзв. „контролних парцелица” које репрезентују површину од 3 до 5 ha., водећи рачуна да те парцелице буду на местима са типичним особинама земљишта за површину коју репрезентују. Потребно је да геоматар површину 50-100-200 и 300 ha, подели на мање парцеле (3-5 ha) и да агроном изабере репрезентативна места на парцелама 3 до 5 ha, која се сними и која ће бити -центар круга за узимање узорака методом круга. Како се у турнусима (сваке четврте године) у систему контроле плодности земљишта узимају узорци земљишта, могуће је са грешком до  $\pm 30$  cm вратити се на исто место за поновну анализу ради праћења промена плодности. Узимање узорака земљишта системом круга на „контролним парцелицама” приказано је на слици 7.

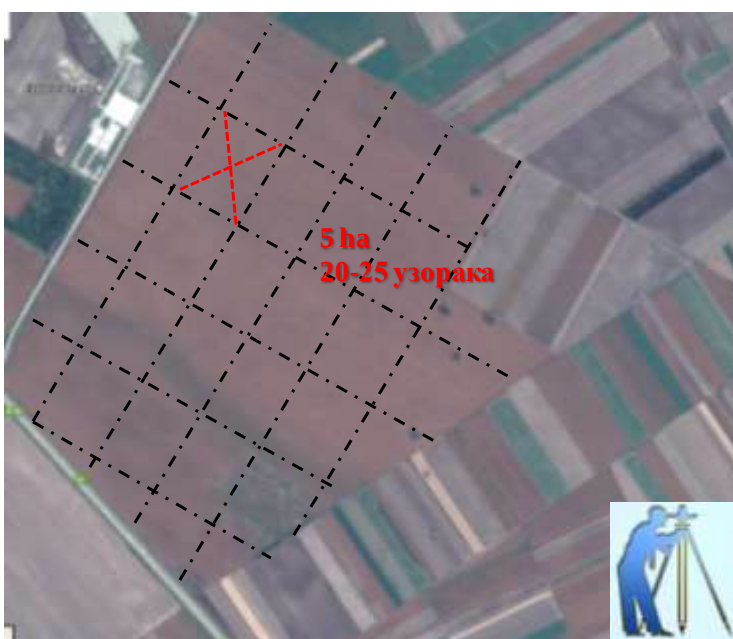


Слика 7. Распоред места и узимање узорака унутар круга и распоред кругова на парцели

Контролна парцелица је круг пречника 30 m, површине 707 m<sup>2</sup> који репрезентује земљиште површине од 3 до 5 ha. Са контролне парцеле појединачни узорци се узимају по тачно утврђеном распореду.

### **Узимање узорака са целе површине парцеле**

Овим начином узорковања се цела површина једне парцеле подели на број делова колико је предвиђено да се узме просечних узорака, с тим да површина са које се узима један просечан узорак не буде већа од 5 ha (Слика 8). Као и код узорковања на малим парцелама, један просечан узорак, састављен од 20-25 појединачних, узима се са површине од 3-5 ha, што зависи од уједначености земљиште. При изласку на парцелу узорци се узимају према плану, а уколико је потребно план се коригује тако да просечан узорак земљиште буде стварно репрезентативан.



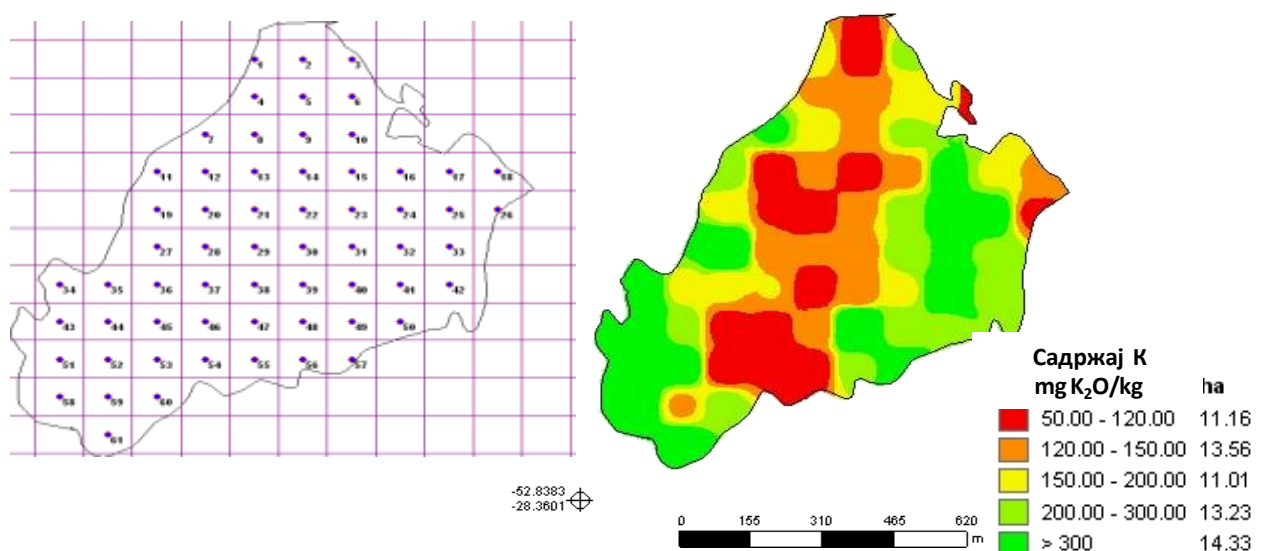
**Слика 8.** Узорковање земљишта са целе површине парцеле (површина 56 ha)

### **Коришћење GIS и GPS приликом узорковања земљишта**

Увођењем савремених технологија као што су географски информациони систем (GIS) и глобални позициони система (GPS) у пољопривредну механизацију, развија се нова грана - „прецизна пољопривреда”. Концепт прецизне пољопривреде је увођење система за подршку приликом одлучивања и управљање производњом на основу великог броја прикупљених информација.

Глобални позициони система представља мрежу сателита који емитују сигнале одређујући на тај начин своју позицију. Уграђени у тракторе и комбајне GPS пријемници прослеђују тачну географску позицију, као и тачно време рада. GPS технологије при узорковању и анализи земљишта омогућавају да се врло прецизно узму узорци и одреди плодност земљишта на појединим деловима парцеле и на тај начин креира мапа плодности земљишта. Узорковање земљишта подразумева да се прво обележе границе парцеле на којој ће се радити систем

контроле плодности земљишта. Затим се основна парцела подели на мање парцеле од 1-3 ha. Унутар сваке парцеле узима се од 20 до 25 узорака, од којих се добија један просечан узорак. На основу урађених анализа које карактеришу плодност земљишта (садржај органске материје, фосфора и калијума у земљишту) израђују се карте плодности сваке парцеле и дају препоруку за ђубрење (Слика 9). Ђубрење се изводи на тај начин што се на деловима парцеле мање плодности примењује већа количина ђубрива и обрнуто, на деловима парцеле веће плодности примењује се мања количина ђубрива. Контрола плодности земљишта применом GPS технологије обавља се сваке четврте године на тачно позиционираним тачкама на парцели тако да фактор хетерогености земљишта не утиче на резултате анализе плодности у поновљеним турнусима. На основу искуства земаља које систем контроле плодности у циљу рационалног ђубрења изводе GPS технологијом, анализа има економску оправданост само ако је њива већа од 15 ha.



**Слика 9.** Мапирање парцеле и карта плодности земљишта након анализа узорака

## 2.3. Време узимања узорака

Време узорковања земљишта разликује се у зависности од хемијских анализа које ће се радити. Уколико се узорци узимају у циљу одређивања основних хемијских својстава (контрола плодности земљишта) узорци се обично узимају након скидања усева (ратарске и повртарске културе) или током периода мировања вегетације (вишегодишњи засади).

Уколико се узорци узимају током вегетације усева, треба водити рачуна да је прошло најмање три месеца од последњег ђубрења минералним и/или органским ђубривима да би резултати анализа били исправни. Такође, земљиште не би требало да је превише суво или превише влажно.

Уколико се узорци узимају за одређивање садржаја минералног азота а у циљу давања препорука за егзактно ђубрење (прихрану стрних усева и предсетвено ђубрење окопавина), на бази N-мин. методе, узорци земљишта се узимају за све културе рано у пролеће. Време узимања узорака за прихрану стрних усева је крај фебруара и почетак марта, за шећерну репу прва и друга декада марта, за кукуруз и сунцокрет крај марта и почетак априла.

### *Прибор за узимање узорака*

- За узимање узорака земљишта потребно је:
- План распореда узорака на парцели
- Сонде (цевасте, сврдласте) или ашов
- Нож
- Врећице за узорке
- За узорке за N-мин. ручни фрижидер
- Картице за податке о узорку
- Фломастер за обележавање врећица
- Записник о извршеном узорковању

## 2.4. Дубина узимања узорака

Дубина узимања узорака зависи од дубине обраде земљиште, културе која се производи и од мобилности хранива у земљишту односно врсте анализа за које се узорци узимају.

Уколико се узорци земљишта узимају у циљу одређивања основних агрохемијских својстава а за потребе контроле плодности земљишта, узимају се зависно од културе:

- за ратарске културе 0-30 cm
- за повртарске културе 0-20 или 0-30 cm
- за ливаде и пашњаке 0-10 и 10-20 cm
- за воћњаке и винограде у експлоатацији: 0-30 cm и 30-60 cm.
- за винограде пре садње: 0-30 cm, 30-60 cm и 60-90 cm.

Уколико се узорци узимају у циљу одређивања садржаја минералног азота, а за потребе давања препорука за егзактно ђубрење азотом на бази N-мин. методе, узорци се узимају по слојевима земљишта до различите дубине у зависности од гајене културе:

Стрнине:

- пшеница, јечам, овас и др: 0-30; 30-60 и 60-90 cm.

Окопавине:

- за шећерну репу пре сетве по слојевима 0-30; 30-60; 60-90, 90-120 и 120-150 cm
- за кукуруз пре сетве по слојевима 0-30; 30-60; 60-90 и 90-120 cm.

N-мин. метода добре резултате даје на земљиштима са дубоким акумулативним хоризонтом, те отуда и узорке земљишта за одређивање укупне количине резидуалног минералног азота расположивог корену гајених култура треба узимати из целог профила. На лошим земљиштима (псеудоглеј и сличним) ђубрење на основу N-мин. методе треба прилагодити мобилности азота у ограниченој дубини профила.

## 2.5. Узорковање земљишта

Појединачни узорци земљишта од којих се формира просечан узорак могу се узимати сондом или ашовом.

### *Поступак узорковања сондом*

1. уклонити биљне остатке са површине где ћемо узети узорак и поравнати ногом површину
2. окретањем кружно сонде узети узорак са планиране дубине
3. појединачни узорак из сонде пренети у кофу
4. узети појединачне узорке са свих испланираних места за један просечан узорак и ставити у кофу (Слика 10).





**Слика 10.** Узорковање појединачног узорка сондом

***Поступак узорковања ашовом:***

1. уклонити биљне остатке са површине где се узима узорак
2. ископати малу рупе дубине 30 cm
3. уз ивицу рупе поново забости ашов под углом од 90° у односу на површину до дубине од 30 cm
4. пажљиво извадити ашов са земљом тако да она остане на ашову када се положи
5. по земљи која је на ашову ножем направити „каиш“, ширине 3-4 cm по средини ашова до његовог врха, тј. до дубине од 30 cm. Земља на ашову лево и десно од »каиша« се одбаци, а »каиш« земље се убаца у чисту кофу (Слика 11).



**Слика 11.** Узорковање појединачног узорка ашовом

Извор: Институт за рататство и повртарство у Новом Саду



Након завршетка узорковања маса 20 до 25 појединачних узорака земљишта од кога се припрема просечан узорак је 2 до 3 kg земљишта. Маса просечног узорка након прикупљања свих појединачних узорака требала би бити 0,5 – 1,0 kg. За одређивање основних агрохемијских својстава земљишта није потребно више од 1 kg. Међутим, понекад су просечни узорци већи, нпр. ако је сонда већег промера или уколико се узимају ашовом. У том случају укупну масу просечног узорка треба смањити на коначну масу 0,5 – 1,0 kg поступком „четвртања“ тако што се ручно добро измеша земљиште у кофи а затим на плочу (квадрат) распе земљиште из кофе равномерно и по плочи повуку дијагонале, и случајним избором, земљиште из два троугла врати у кофу а остало баци. Након тога потребно је поново хомогенизирати узорак у кофи и расути по плочи и системом дијагоналне елиминације узорак свести на 1 kg масе (Слика 12).



**Слика 12.** Смањење масе просечног узорка

Просечни узорци земљишта пакују се у PVC врећица обележену редним бројем, а која треба да садржи и идентификациону картицу на коју се уписују следеће информације:

- узорак број
- дубина узимања
- власник парцеле
- датум узимања узорака
- катастарски број парцеле
- површина парцеле
- име лица које је узело узорке

Сваку серију узорка (упаковану у врећу, кутију) прати записник са пописом узорка и потписом лица које је извршило узорковање. Записник садржи:

- скицу (карту) парцеле с приказом узимања узорка
- број узорка (нпр. 1.....57)
- ознаку парцеле - име власника парцеле и назив газдинства
- дубину узимања узорка
- предусев
- ђубрење (органским, минералним)
- план наредних усева
- које анализе треба урадити и захтев за препоруку ђубрења наредне четири културе
- име лица које је узело узорак, место и датум

## 2.6. Припремање узорка за анализу

По приспећу у лабораторију узорци земљишта се прегледају да би се утврдило да ли одговарају приложеном списку и да ли су неоштећени. Затим се узорци уводе у матичну књигу узорка, где сваки узорак добија свој лабораторијски број. Исправни и неоштећени узорци земљишта прегледају се ради одстрањивања нетипичних материја (корена, камена, и сл.), а затим стављају на сушење. Припремање узорка се разликује у зависности од врсте анализа које ће се радити.

### 2.6.1. Припремање узорка за анализу исновних агрохемијских својстава, микроелемената и тешких метала

Приспели и прегледани узорци се суше до ваздушно сувог стања. Сушење може бити природно и вештачко. Природно сушење обавља се на собној температури до ваздушно сувог стања, најчешће од 8 до 12 дана. Узорци земљишта се ставе у картонске кутије ређе на чист папир у танком слоју и оставе да се суше. Вештачко сушење се обавља у сушницама на температури од 35°C.

Ваздушно суви узорци се уситњавају и просејавају кроз сита димензија 2 mm (Слика 13). Део узорка који је прошао кроз сито од 2 mm служи за анализе а крупније фракције (веће од 2 mm) које су остале на ситу, одбаце се. Само уситњавање земљишта, може бити ручно у аванима или помоћу млинова за земљиште (Слика 14). Маса просечног узорка за потребне хемијске анализе при одређивању најчешће је око 0,5 kg. Узорци се пакују у картонске кутије у којима се чувају до момента анализе.



**Слика 13.** Узорци земљишта пре (лево) и после (десно) уситњавања



**Слика 14.** Млин за земљиште са ситима различитог промера  
(<https://www.retsch.com>)

### 2.6.2. Припремаење узорака земљишта за одређивање минералног азота за потребе N-мин. методе

За потребе N-мин. методе анализесе раде у узорку пољске влажности, те је потребно да већа маса земљишта стигне у лабораторију и то око 1 kg земље (300 g за једну анализу + понављања). Међутим, узорци после урађене N-мин. методе се не чувају, те маса узорка не прави проблем.

За N-мин. методу анализе се раде у узорцима пољске влажности. Узорци се у ручним хладњацима допремају у лабораторију и одмах се раде анализе, или се чувају у фрижидеру до анализе до седам дана.

### Задаци за вежбу

1. Које хемијске анализе се раде у циљу контроле плодности земљишта.
2. Када се узимају узорци за потребе контроле плодности земљишта.
3. Од колико појединачних узорака се састоји један просечан узорак.
4. Из ког слоја земљишта се узимају узорци за потребе контроле плодности земљишта код рататских култура и вишегодишњих засада.
5. Када и из ког слоја се узимају узорци земљишта ради одређивања минералног азота а за потребе N-мин. Методе.
6. Колико је потребно узети просечних узорака на газдинству на на скици испод.



| Ознака парцеле | Култура   | Површина (ha) | Бр. просечних узорака |
|----------------|-----------|---------------|-----------------------|
| 1              | Пшеница   | 2,2           |                       |
| 2              | Соја      | 1,0           |                       |
| 3              | Кукуруз   | 5,1           |                       |
| 4              | Сунцокрет | 2,0           |                       |
| 5              | Луцерка   | 4,8           |                       |
| 6              | Ливада    | 1,2           |                       |
| 7              | Шљива     | 5,8           |                       |

### 3. УЗОРКОВАЊЕ БИЉНОГ МАТЕРИЈАЛА У ЦИЉУ УТВРЂИВАЊА ОБЕЗБЕЂЕНОСТИ БИЉАКА ХРАНЉИВИМ ЕЛЕМЕНТИМА

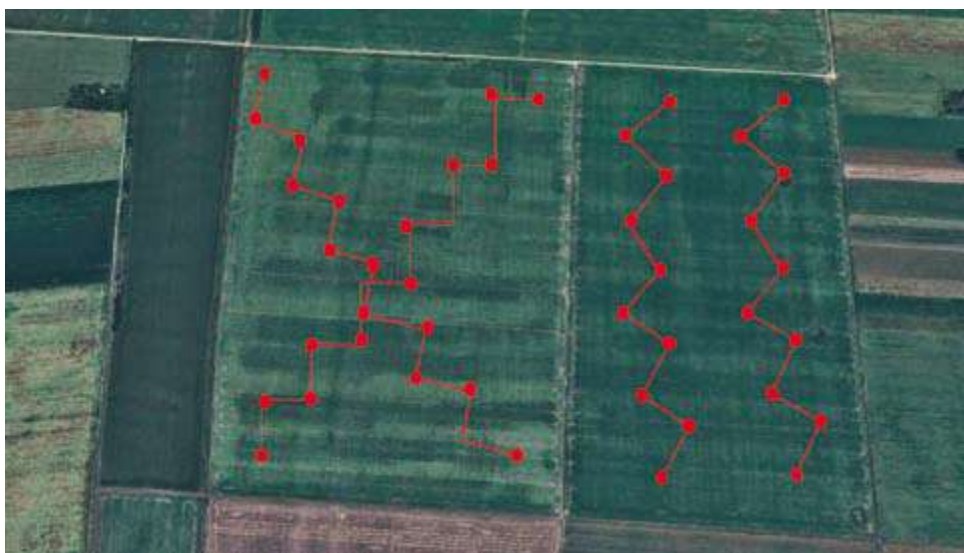
Генетски потенцијал родности гајених биљака може да дође до пуног изражаја само у условима оптималног нивоа плодности земљишта. Сматра се да је за нормално растење и развиће биљке потребно 16 елемената. Они се називају неопходним елементима, те у случају њиховог недостатка биљке не могу да заврше свој животни циклус. Између садржаја неопходних елемената у листовима или појединим органима биљака и приноса, постоји позитивна корелација. Захваљујући томе, хемијском анализом листова (фолијарна дијагноза) могуће је утврдити: ниво обезбеђености земљишта и биљака асимилатима, уочити неправилност у минералној исхрани (антагонизам јона и др.) и пратити ефекат примене ђубрива. Како би се објективно оценио ниво обезбеђености биљака појединим елементима хемијске анализе биљног ткива, мора се посебна пажња посветити правилном узорковању. Приликом узорковања неопходно је прецизно дефинисати који део биљке се узима за анализу (лист, лисна дршка, цела биљка итд.) и термин када се у току вегетације узима узорак, јер нису сви биљни органи, као и фазе раста и развића подједнако подесни за карактеризацију обезбеђености биљака хранљивим елементима. Такође, потребно је водити рачуна о величини просечног узорка, мрежи узорковања и површини парцеле са које се узорци узимају.

#### 3.1.Избор органа за узорковање

При избору органа биљака за анализу једни критеријум је веза између садржаја хранљивих елемената у биљном органу и приноса и/или квалитета. За хемијску анализу нису подесни органи биљака у којима се садржај хранљивих елемената брзо мења. У том смислу најподеснији су потпуно развијени листови код којих садржај хранљивих елемената дужи временски период током вегетације остаје на истом нивоу, што није случај са младим листовима који интензивно расту или са старим листовима.

#### 3.2.Мрежа узорковања

Приликом одређивања мреже узорковања води се рачуна да узорак који се узима са парцеле буде репрезентативан. Један узорак биљног материјала се узима са парцеле где се на целокупној површини парцеле све агротехничке мере спроводе на истоветан начин, са истим предусевом и уједначеној плодности земљишта на свим деловима парцеле. Кретање по парцели може да буде по тзв. »шаховском распореду« или »по дијагонали« (Слика 15). Важно је да просечан узорак буде састављен од појединачних узорака узетих равномерно по целој површини парцеле. Укупна површина са које се узимају један просечан узорак може бити величине од 0,5 – 25 ha, у зависности од уједначености плодности земљишта, биљне врсте и уједначености усева.



**Слика 15.** Шема за узорковање биљног материјала  
(узорковање по дијагонали и шаховски распоред)

### 3.3. Термини узимања узорка и величина узорка

Потреба биљака за појединим елементима у току вегетације је различита. Из тог разлога ниво хранљивих елемената у лишћу мења се током вегетације. Поред тога, садржај већине елемената такође варира од листа до листа у зависности од старости и положаја на биљци. Узорке лишћа треба узимати када су концентрације већине елемената релативно стабилна. Узорци лишћа који се узму у раним фазама вегетације обично садрже веће концентрације елемената као што су азот и калијум, а мање калцијума. Обрнуто, узорци који се прикупе много касније обично имају мање азота и калијума, а више калцијума. Да би се резултати хемијске анализе упоредили са успостављеним стандардима, узорковано лишће мора да буде упоредиво по физиолошкој старости са лишћем које је коришћено за дефинисање стандарда. У табелама 1 и 2, приказани су термини узорковања, део биљке који се узоркује и величина узорка код ратарских и повртарских култура. Код воћарских култура узорке треба узимати када су ластари прешли фазу интензивног пораста, пошто се тада садржај минералних материја у листовима значајније не мења дужи период времена. Листове треба узимати заједно са лисном дршком, и то са средине дугог ластара. Листови који се узимају треба да су здрави и нормално развијени. Један просечан узорак чини 70 до 90 листова. Узорак за анализу може да буде и већи од 150 до 200 листова, зависно од уједначености засада, жељене тачности и др. Важно је да просечан узорак верно репрезентује по морфолошким, физиолошким и хемијским особинама листове засада са којег су узети. Ако се узорци за анализу узимају само једном у току вегетације, треба их узимати у периоду од средине јула до средине августа. Један просечан узорак биљног материјала код ратарских и повртарских култура састоји се од више појединачних узорака који се узимају равномерно по парцели. На величину просечног узорка утиче већи број чинилаца а пре свега хетерогеност биљака. Уколико се за хемијску анализу узимају листови, препоручује се да један просечан узорак чини од 50 до 100 листова, а уколико су узоркује култура која се одликује мањим листовима, број листова може бити и преко 200.



**Табела 1.** Време узорковања, врста и величина узорка код ратарских култура  
(Кастори, 2006)

| Врста        | Време узимања узорака                      | Орган/део биљке                              | Величина узорка                         |
|--------------|--------------------------------------------|----------------------------------------------|-----------------------------------------|
| Стрна жита   | Бокорење                                   | Цео надземни део                             | 500 g свеже масе                        |
|              | Влатање                                    | Цео надземни део или горња 2 развијена листа | 500 – 1000 g свеже масе или 200 листова |
| Кукуруз      | Биљке до 30 cm висине                      | Цео надземни део                             | 20                                      |
|              | Биљке од 30 cm висине до почетка метличења | Гоња два развијена листа                     | 50                                      |
| Сунцокрет    | Почетак цветања                            | Горњи потпуно развијени листови              | 100 листова                             |
| Соја         | Почетак цветања                            | Три вршна потпуно развијена листа            | 100 листова                             |
| Шећерна репа | 50-60 дана после ницања (јун/јули)         | Средњи потпуно развијени листови             | 100 листова                             |
| Луцерка      | Почетком цветања                           | Врни део изданка (око 15 cm)                 | 500-1000 g свеже масе                   |

**Табела 2.** Време узорковања, врста и величина узорка код повртарских култура (Кастори, 2006)

| Врста              | Време узимања узорака                                        | Орган/део биљке                               | Величина узорка |
|--------------------|--------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------|
| Карфиол            | У фази образовања цветова                                    | Средњи потпуно развијени листови              | 50-100 листова  |
| Паприка            | Средином вегетације                                          | Потпуно развијени млади листови               | 50-100 листова  |
| Купус              | У фази образовања главице                                    | Потпуно развијени листови                     | 50-100 листова  |
| Лиснато поврће     | Средином вегетације                                          | Потпуно развијени листови                     | 50-100 листова  |
| Краставци          | Пре образовања плодова                                       | Листови у близини основе главне вреже         | 50-100 листова  |
| Лубеница<br>И диња | Пре образовања плодова                                       | Листови у близини основе главне вреже         | 50-100 листова  |
| Целер              | Висина биљке 30-40 цм                                        | Средњи потпуно развијени листови              | 50-100 листова  |
| Парадајз           | Пре или у току цветања                                       | Трећи или четврти лист од врха биљке          | 50-100 листова  |
| Коренасто поврће   | Пре образовања кртоле, луковице, корена, средином вегетације | Средњи лист лисне розете или цео надземни део | 50-100 листова  |

\*Приликом узоковања потребно је узети узорке са најмање 25 биљака са парцеле.

### 3.4. Припрема узорака за анализу

У већини случајева, прање узорака пре сушења не утиче значајно на садржај елемената као што су азот, фосфор, калијум, калцијум, магнезијум или бор. Са друге стране, површинска контаминација прашином, земљом, пестицидима или ђубривима за фолијарну примену може да доведе до значајно већих нивоа гвожђа, мангана, цинка и бакра код узорака који нису опрани пре сушења. Прањем узорака а потом испирањем у дестилованој води може смањити површинска контаминације. Неки извори воде садрже и мале количине мангана, бакра и цинка, па такву воду не би требало користити. Из тог разлога се за испирање користи дестилована вода. После последњег испирања узорке треба оцедити пре него што се преместе у папирне вреће како би се осушили. Папирне вреће требало би поставити на места погодна за брзо сушење и оставити отворене како би се спречила појава буђи. Узорке треба чувати на сувом месту како би се спречила њихова поновна хидратација.

### 3.5. Тумачење резултата анализе

На основу резултата хемијске анализе листова и већ утврђених граничних вредности (табеле 3, 4 и 5), могуће је одредити ниво обезбеђености биљака минералним материјама. Уколико се садржај неког хранива у листовима креће у границама оптималне концентрације, то значи да је садржај тог елемента у земљишту на оптималном нивоу. У том случају ђубрењем би требало применити само ону количину елемента за колико се годишње земљиште осиромашује његовим одношењем приносом и другим губицима. Ако је садржај неког елемента у листовима нижи од наведене оптималне концентрације, потребно је ђубрити дозама које ће обезбедити оптимални ниво елемената у листовима, а то је редовно већа количина од оне које биљке својим приносом износе из земљишта. У случају да је садржај елемената у листовима већи него што је то потребно за постизање високих приноса, треба избегавати примену таквих ђубрива која би допринела даљем повећању његовог садржаја у листовима. Не само због уштеде већ и због непожељних последица које може да изазива сувишак неког елемента.

При оцењивању нивоа обезбеђености воћака неопходним елементима, потребно је имати у виду и однос концентрације појединих елемената у листовима. Сматра се да је код већине воћних врста однос концентрације калијума према магнезијуму оптималан ако се креће од 5 до 7. За хармоничну минералну исхрану воћака веома је значајан и однос концентрације азота и калијума (табела 6).

**Табела 3.** Оптималне концентрације појединих неопходних елемената  
у неким ратарским биљкама (Bergman, 1992)

| Биљна врста             | % (суве материје) |              |             |              |               | mg kg <sup>-1</sup> суве материје |              |       |            |       |
|-------------------------|-------------------|--------------|-------------|--------------|---------------|-----------------------------------|--------------|-------|------------|-------|
|                         | N                 | P            | K           | Ca           | Mg            | B                                 | Mo           | Cu    | Mn         | Zn    |
| <b>Пшеница</b>          | 2,5-<br>4,0       | 0,25-<br>0,5 | 3,2-<br>4,5 | 0,35-<br>1,0 | 0,15-<br>0,30 | 5-10                              | 0,1-<br>0,3  | 5-10  | 35-<br>150 | 20-70 |
| <b>Јечам</b>            | 3,0-<br>5,0       | 0,35-<br>0,6 | 4,5-<br>5,8 | 0,5-<br>1,0  | 0,2-<br>0,4   | 6-12                              | 0,2-<br>0,4  | 6-12  | 40-<br>150 | 25-70 |
| <b>Кукуруз</b>          | 3,5-<br>5,0       | 0,35-<br>0,6 | 3,0-<br>4,5 | 0,3-<br>1,0  | 0,25-<br>0,6  | 7-15                              | 0,2-<br>0,5  | 7-15  | 30-<br>150 | 20-60 |
| <b>Сунцокрет</b>        | 3,0-<br>5,0       | 0,25-<br>0,5 | 3,0-<br>4,5 | 0,8-<br>2,0  | 0,3-<br>0,8   | 35-<br>100                        | 0,3-<br>1,0  | 10-20 | 25-<br>100 | 30-80 |
| <b>Шећерна<br/>репа</b> | 4,0-<br>6,0       | 0,35-<br>0,6 | 3,5-<br>6,0 | 0,7-<br>2,0  | 0,3-<br>0,7   | 35-<br>100                        | 0,25-<br>1,5 | 7-15  | 35-<br>150 | 20-80 |
| <b>Луцерка</b>          | 3,5-<br>5,0       | 0,30-<br>0,6 | 2,5-<br>3,8 | 1,0-<br>2,5  | 0,3-<br>0,8   | 35-80                             | 0,5-<br>2,0  | 6-15  | 30-<br>150 | 25-70 |
| <b>Соја</b>             | 4,0-<br>6,0       | 0,35-<br>0,5 | 2,0-<br>3,0 | -            | 0,1-<br>1,0   | 20-55                             | 0,5-<br>5,0  | 4-20  | 20-<br>100 | 20-80 |

**Табела 4.** Оптималне концентрације појединих неопходних елемената у неким повртарским биљкама (Bergman, 1992)

| Биљна врста | % (суве материје) |              |              |              |               | mg kg <sup>-1</sup> суве материје |              |      |            |       |
|-------------|-------------------|--------------|--------------|--------------|---------------|-----------------------------------|--------------|------|------------|-------|
|             | N                 | P            | K            | Ca           | Mg            | B                                 | Mo           | Cu   | Mn         | Zn    |
| Карфиол     | 3,0 –<br>4,5      | 0,4 –<br>0,7 | 3,2 –<br>4,2 | 1,0 –<br>1,5 | 0,25 –<br>0,5 | 30-80                             | 0,5-1        | 5-12 | 30-<br>150 | 30-70 |
| Купус       | 3,7 –<br>4,5      | 0,3 –<br>0,5 | 3,0 –<br>4,0 | 1,5 –<br>2,0 | 0,25 –<br>0,5 | 25-80                             | 0,4-<br>0,7  | 5-12 | 30-<br>150 | 20-60 |
| Краставац   | 2,8 –<br>5,0      | 0,3 –<br>0,6 | 2,5 –<br>5,4 | 5,0 –<br>9,0 | 0,5 –<br>1,0  | 40-80                             | 0,8-2        | 7-15 | 60-<br>200 | 35-80 |
| Салата      | 4,0 –<br>5,5      | 0,4 –<br>0,6 | 4,2 –<br>6,0 | 1,2 –<br>2,0 | 0,35 –<br>0,6 | 25-60                             | 0,2-1        | 7-15 | 30-<br>150 | 30-80 |
| Рен         | 2,0-<br>3,0       | 0,2-<br>0,35 | 2,4-<br>3,8  | 2,0-<br>3,0  | 0,25-<br>0,5  | 40-60                             | 0,3-1        | 8-12 | 60-<br>150 | 35-70 |
| Мрква       | 2,0-<br>3,5       | 0,3-<br>0,5  | 2,7-<br>4,0  | 1,2-<br>2,0  | 0,4-0,8       | 30-80                             | 0,5-<br>1,5  | 7-15 | 50-<br>150 | 30-80 |
| Целер       | 2,8-<br>4,0       | 0,3-<br>0,6  | 3,5-<br>6,0  | 0,4-<br>1,5  | 0,25-<br>0,6  | 30-80                             | 0,5-<br>1,5  | 6-12 | 40-<br>150 | 30-70 |
| Паприка     | 3,0-<br>4,5       | 0,3-<br>0,6  | 4,0-<br>5,4  | 0,4-<br>1,0  | 0,3-0,8       | 40-80                             | 0,2-<br>0,6  | 8-15 | 30-<br>150 | 20-60 |
| Цвекла      | 3,5-<br>5,0       | 0,25-<br>0,5 | 2,8-<br>5,0  | 1,5-<br>2,5  | 0,3-0,8       | 35-80                             | 0,2-1        | 7-15 | 50-<br>150 | 20-60 |
| Шпаргла     | 2,4-<br>3,8       | 0,3-<br>0,8  | 1,5-<br>2,4  | 0,4-<br>0,8  | 0,15-<br>0,30 | 40-<br>100                        | 0,15-<br>0,5 | 6-12 | 25-<br>150 | 30-60 |
| Спанаћ      | 3,8-<br>5,0       | 0,4-<br>0,6  | 3,5-<br>5,3  | 0,6-<br>1,2  | 0,35-<br>0,8  | 40-80                             | 0,3-1        | 7-15 | 40-<br>150 | 20-70 |
| Парадајз    | 4,00-<br>5,5      | 0,4-<br>0,65 | 3,-6         | 3,0-<br>4,0  | 0,35-<br>0,8  | 40-80                             | 0,3-1        | 6-12 | 40-<br>150 | 30-80 |
| Лубеница    | 2,0-<br>3,0       | 0,2-<br>0,45 | 2,5-<br>3,5  | 1,5-<br>3,5  | 0,4-0,8       | 30-80                             | 0,2-1        | 5-10 | 30-<br>150 | 20-70 |
| Црни лук    | 2,0-<br>3,0       | 0,25-<br>0,4 | 2,5-<br>3,0  | 0,6-<br>1,5  | 0,25-<br>0,5  | 30-50                             | 0,15-<br>0,3 | 7-15 | 40-<br>100 | 20-70 |

**Табела 5.** Оптимална концентрација неопходних елемената у листовима неких воћних врста (Bergman, 1992)

| Биљна<br>врста    | % (суве материје) |           |         |         |          | mg kg <sup>-1</sup> (суве материје) |      |         |        |       |
|-------------------|-------------------|-----------|---------|---------|----------|-------------------------------------|------|---------|--------|-------|
|                   | N                 | P         | K       | Ca      | Mg       | B                                   | Mo   | Cu      | Mn     | Zn    |
| Јабука            | 2,2-2,8           | 0,2-0,35  | 1,1-1,8 | 1,3-1,8 | 1,3-2,0  | 25-50                               | 5-12 | 40-280  | 40-150 | 20-50 |
| Крушка            | 2,3-2,8           | 0,15-0,30 | 1,2-2,0 | 1,2-1,8 | 0,25-0,5 | 20-50                               | 5-12 | 60-200  | 30-150 | 20-50 |
| Кајсија           | 2,2-3,2           | 0,18-0,35 | 2,0-3,2 | 1,2-2,5 | 0,3-0,6  | 20-60                               | 5-12 | 60-140  | 30-150 | 20-50 |
| Бреска            | 2,0-3,2           | 0,18-0,35 | 1,5-3,0 | 1,5-2,5 | 0,3-0,6  | 20-60                               | 7-15 | 60-400  | 40-150 | 20-50 |
| Шљива             | 2,2-3,2           | 0,18-0,35 | 1,5-2,5 | 1,2-2,5 | 0,3-0,6  | 30-60                               | 5-12 | 60-200  | 25-150 | 20-50 |
| Вишња             | 2,8-3,2           | 0,2-0,35  | 1,6-2,0 | 1,6-2,5 | 0,3-0,5  | 30-60                               | 5-12 | 80-120  | 35-150 | 15-50 |
| Трешња            | 2,6-3,0           | 0,18-0,30 | 1,6-2,0 | 1,2-2,0 | 0,3-0,5  | 30-60                               | 5-12 | 80-120  | 30-150 | 15-50 |
| Лешник            | 2,5-3,5           | 0,15-0,40 | 1,0-2,4 | 0,8-1,5 | 0,25-0,4 | 25-80                               | 6-12 | 230-500 | 25-120 | 20-60 |
| Орах              | 2,2-3,5           | 0,15-0,40 | 1,2-3,0 | 0,8-1,0 | 0,3-0,7  | 30-80                               | 5-12 | -       | 30-150 | 20-60 |
| Јагода            | 2,5-3,2           | 0,25-0,40 | 1,5-2,5 | 0,8-1,5 | 0,25-0,6 | 30-70                               | 7-15 | 70-80   | 40-150 | 20-70 |
| Малина            | 2,8-3,5           | 0,25-0,50 | 1,8-2,5 | 0,8-1,5 | 0,3-0,6  | 35-80                               | 7-15 | -       | 35-150 | 20-70 |
| Црвена<br>рибизла | 2,8-3,5           | 0,25-0,50 | 1,5-2,5 | 0,8-1,5 | 0,25-0,5 | 25-50                               | 6-12 | -       | 35-150 | 20-70 |

\*Концентрација у сувој материји листова једногодишњих ластара у јулу/августу



**Табела 6.** Оптимални однос концентрације азота и калијума у листовима неких воћних врста (Убавић и сар., 1990)

| Врста           | N:K     |  | Врста           | N:K     |
|-----------------|---------|--|-----------------|---------|
| Јабука и крушка | 1,5-1,6 |  | Шљива и кајсија | 0,8-0,9 |
| Трешња, вишња   | 1,7-2,0 |  | Кајсија         | 1,0-1,2 |
| Малина          | 2,2-2,5 |  | Купина          | 1,7-2,1 |

## 4. ХЕМИЈСКЕ МЕТОДЕ АНАЛИЗЕ ЗЕМЉИШТА

### 4.1. ОДРЕЂИВАЊЕ pH-ВРЕДНОСТИ ЗЕМЉИШТА

#### *Предмет и подручје примене*

Овом методом се рутински одређивање pH-вредности помоћу стаклене електроде у суспензији земљишта у води (pH-H<sub>2</sub>O), у размери 1:5 (запремински удео), у раствору калијум-хлорида (pH-KCl) концентрације 1 mol/l или у раствору калцијум-хлорида (pH-CaCl<sub>2</sub>) концентрације 0,01 mol/l.

#### *Принцип методе*

Суспензија земљишта припрема се са петоструким запреминама неких од следећих течности:

- воде
- 1 mol/l раствора калијум-хлорида (KCl) у води
- 0,01 mol/l раствора калцијум-хлорида (CaCl<sub>2</sub>) у води

Вредност pH суспензије мери се помоћу pH-метра (Слика 16).



**Слика 16.** Мерење pH вредности суспензије земљишта у води и калијум хлориду

## Реагенси

Употребљавају се само реагенси признатог аналитичког квалитета:

- Вода, специфичне проводности од највише 0,2  $\mu\text{S}/\text{m}$  на 25 °Ц и са рН-вредношћу већом од 5,6 (вода квалитета 2 у складу са ISO 3696:1987).
- Раствор калијум-хлорида,  $c(\text{KCl}) = 1 \text{ mol/l}$ .  
Раствори се 74,5 g калијум-хлорида у води и разблажи до 1 000 ml.
- Раствор калцијум-хлорида  $c(\text{CaCl}_2) = 0,01 \text{ mol/l}$ .  
Раствори се 1,47 g калцијум-хлориддихидрата ( $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) у води и разблажи до 1 000 ml.
- Раствори за калибрацију рН-метра.  
Од следећих раствора за калибрацију употребљавају се најмање два. Могу се употребити пуферски раствори са сличним или истим рН који су доступни на тржишту.
- Пуферски раствор, рН 4,00 на 20 °C.  
Раствори се 10,21 g калијум-хидрогенфталата ( $\text{C}_8\text{H}_5\text{O}_4\text{K}$ ) у води и разблажи до 1 000 ml. Калијум-хидрогенфталат пре употребе мора да се осуши у току 2 h на 115 °C  $\pm$  5 °C.
- Пуферски раствор, рН 6,88 на 20 °C.  
Раствори се 3,39 g калијумдихидроген-фосфата ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ) и 3,53 g динатријумхидроген-фосфата ( $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ ) у води и разблажи до 1 000 ml. Калијумдихидроген-фосфат пре употребе мора да се осуши у току 2 h на 115 °C  $\pm$  5 °C.
- Пуферски раствор, рН 9,22 на 20 °C.  
Раствори се 3,80 g динатријум-тетраборатдекахидрата ( $\text{Ba}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ) у води и разблажи до 1 000 ml.

## Апарати и прибор

- Машина за мешање (уколико се не меша штапићем).
- рН-метар, са подешавањем нагиба и контролом температуре.
- Стаклена електрода и референтна електрода, или комбинована електрода еквивалентних перформанси. У случају када су рН-вредности веће од 10, треба да се користи посебна електрода намењена за тај опсег.
- Термометар или температурна сонда, који могу да мере са тачношћу од 1 °C, у складу са типом С према ИСО 1770:1981.
- Боца за узорке, запремине најмање 50 ml, од борсиликатног стакла или полиетилена са запушачем.
- Кашика, познате запремине од најмање 5,0 ml.

## Лабораторијски узорак

Употребљава се фракција честица узорка земљишта који је сушен на ваздуху, или узорка земљишта који је сушен на температури не вишој од 40 °C, која пролази кроз сито са квадратним отворима од 2 mm.

## Поступак

### Припремање суспензије

Кашиком (5.6) се узме најмање 5 ml репрезентативног дела узорка за испитивање, пренесе у боцу за узорке и дода се петострука запремина воде, раствора калијум-хлорида или раствора калцијум-хлорида.

Суспензија се мућка или меша 60 мин  $\pm$  10 мин, помоћу механичке "мућкалице" или миксера, и чека се најмање 1 h, али не дуже од 3 h.

Треба да се избегава улаз ваздуха током стајања.

### Калибрисање рН-метра

Подеси се рН-метар према упутству произвођача.

Калибрација рН-метра је утврђена упутством произвођача, помоћу пуферског раствора на 20 °C  $\pm$  2 °C. Коришћењем електрода које су у добром стању, равнотежа се обично постиже у интервалу од 30 секунди.

### Мерење рН

Измери се рН у суспензији на 20 °C  $\pm$  2 °C, одмах после или током мешања. Мешање треба да буде тако да се достигне релативно хомогена суспензија земљишних честица, али треба избегавати маглу ваздушних капљица. рН-вредност се очитава после успостављања равнотеже. Очитане вредности се забележе на две децимале.

Ако се користи рН-метар са казаљком, вредност друге децимале треба да се процени.

Очитавања се могу сматрати стабилним када измерене рН-вредности у периоду од 5 секунди варирају мање од 0,02 рН-јединице. Време које је потребно за постизање равнотеже обично траје 1 мин или мање, али може да зависи од бројних фактора, укључујући:

- рН-вредност (при вишим рН-вредностима много се теже достиже стабилизација);
- квалитет стаклене електроде (различите електроде од различитих произвођача) и њен век старости;
- средину у којој се мери рН (стабилизација се постиже много брже у KCl и CaCl<sub>2</sub> средини него у воденој средини);
- разлике у рН-вредности између узорака у серији;
- механичко мешање пре мерења, то може да убрза достизање стабилног очитавања.

#### 4.1.1. Класификација земљишта према рН вредности

**Табела 7.** Класификација земљишта према рН вредности

| Класификација земљишта према рН вредности (Thun-и) |                |
|----------------------------------------------------|----------------|
| Реакција у 1 М КCl                                 | Класа земљишта |
| < 4,5                                              | Јако кисела    |
| 4,51 – 5,50                                        | Кисела         |
| 5,51 – 6,50                                        | Слабо кисела   |
| 6,51 – 7,20                                        | Неутрална      |
| 7,21 – 8,20                                        | Слабо алкална  |
| > 8,20                                             | Алкална        |

#### *Задаци за вежбу:*

1. Описати ток вежбе, приказати израчунавање резултата, уписати резултате и прокоментарисати.
2. Подаци о испитиваном узорку

Тип земљишта:

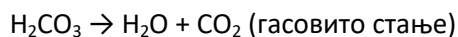
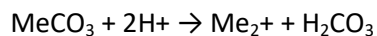
рН вредност:

Класа земљишта према рН вредности:

## 4.2. ОДРЕЂИВАЊЕ САДРЖАЈА КАРБОНАТА (ВОЛУМЕТРИЈСКА МЕТОДА)

### Принцип методе

Узорку земљишта се додаје хлороводонична киселина да би се разложили присутни карбонати. Упрошћен облик реакције може се приказати на следећи начин (Ме, значи метал):



Запремина угљен-диоксида који се ствара мери се помоћу апарата по Шајблеру (Scheibler) (слика 17) и упоређује са запремином угљен-диоксида који се ствара од чистог калцијум-карбоната. Да би се избегле корекције за разлике у температури и притиску, сва одређивања изводе се под истим условима. Одређивања треба да се изводе у соби са константном температуром. За земљишта која поред  $\text{CaCO}_3$  садрже и веће количине  $\text{MgCO}_3$  користи се титриметријска метода где се разарање карбоната вршу врућом  $\text{HCl}$ , а количина непотрошене  $\text{HCl}$  неутралише се базом.

### Реагенси

- Дестилована вода.
- Концентрирана хлороводонична киселина,  $c(\text{HCl})$ , ( $\rho = 1,19 \text{ g/ml}$ ).
- Раствор  $\text{HCl}$  и воде у односу 1:3, приближно 10% (1 део  $\text{HCl}$  и 3 дела дестиловане воде)

### Апарати и прибор

- Апарат по Шајблеру, подешен за одређивање појединачног узорка.
- Аналитичка вага, која може да мери са тачношћу од 0,1 mg.
- Реакционе посуде за одређивање карбоната, запремине од 150 ml.
- Штипаљке, отпорне на киселину.
- Сахатно стакло.



**Слика 17.** Шајблеров калциметар

### **Поступак**

#### **Лабораторијски узорак**

Употребљава се фракција земљишта  $< 2 \text{ mm}$  узорака сушених на ваздуху.

#### **Припремање**

Пре квантитативног одређивања количине карбоната на калциметру, ради одлучивања о тежини узорка, ради се оријентационо или квалитативно одређивање карбоната. Додаје се неколико капи разблажене хлороводоничне киселине (1:3) у 1 g земљишта на сатном стаклу. Садржај карбоната у узорку може да се процени на основу интензитета и времена пенушања; видети табелу 8. Из табеле 8 одреди се маса дела узорка за испитивање за одређивање.



**Табела 8.** Однос између интензитета и времена пенушања, процењен садржај карбоната у земљишту и масе дела узорка за испитивање

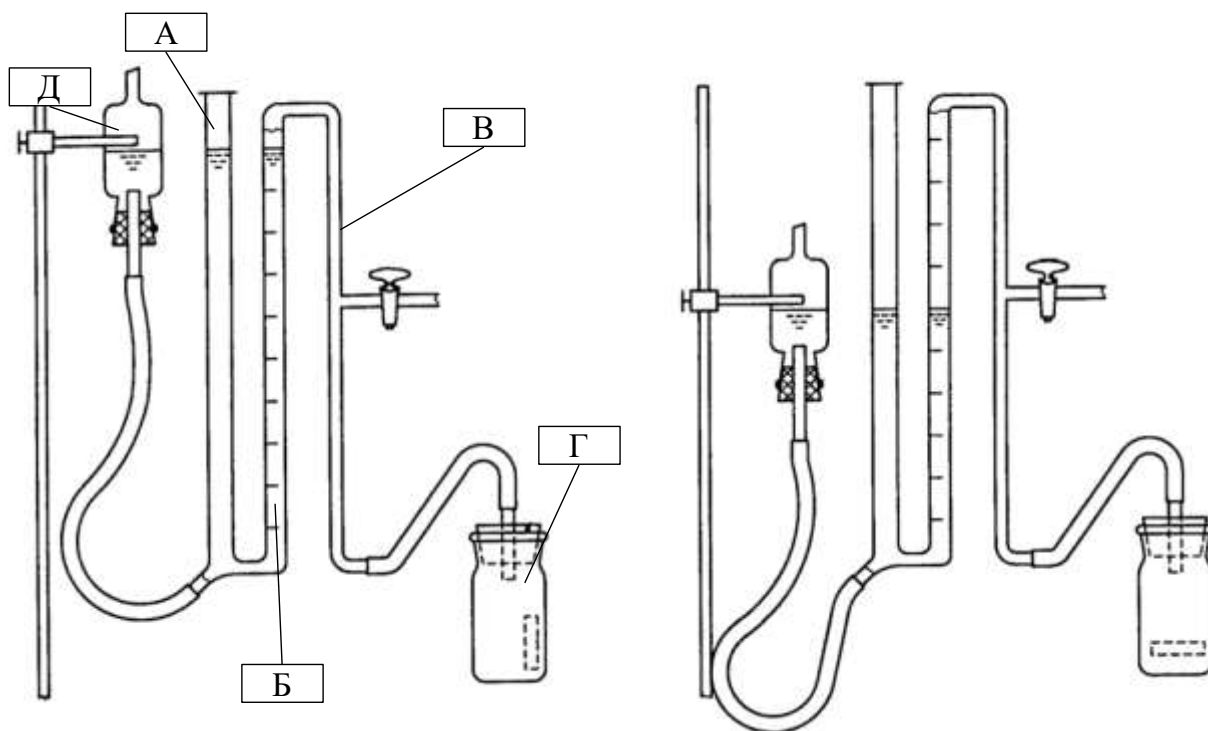
| Интезитет и трајање пенушање | Садржај карбоната (%) | Маса узорка за испитивање (g) |
|------------------------------|-----------------------|-------------------------------|
| Без пенушања                 | <2,0                  | 10                            |
| Умерено, кратко пенушање     | 2,0-8,0               | 5,0                           |
| Јако, дуго пенушање          | 8,0-16,0              | 2,5                           |
| Веома јако, дуго пенушање    | >16,0                 | ≤1,0                          |

### *Одређивање карбоната помоћу калциметра*

Принцип овог одређивања је да се добије запремина  $\text{CO}_2$  при одређеним условима притиска и температуре. Измерена запремина  $\text{CO}_2$  се помоћу специјалних таблица преводи у тежину, а затим прерачунава у карбонате множећи са фактором 2,273 и на крају се изражава у %.

Шајблеров калциметар се састоји од 3 цилиндричне цеви, једне краће и две дуже (Слика 18). Средња цев је градуисана (Б) и на горњем крају је везана са другом дужом цеви (В), а на доњем крају помоћу гумене цеви је спојена са широком цеви (А). У градуисаној и широј цеви налази се вода. Друга дужа цев је преко гуменог црева везана преко чепа са боцом (Г) у којој је узорак земље и епрувета са киселином (HCl). Градуисана цев служи за мерење запремине насталог  $\text{CO}_2$ .

Одмери се 1-5 g земљишта (у зависности од количине карбоната) и пренесе у боцу (Г). У епрувету се сипа сона киселина (1:3). Померањем цеви (Д) поравна се ниво течности у њој са нулом у цеви (Б). За то време је вентил окренут у такав положај да цев (В) комуницира са спољним ваздухом. Затим се боца (Г) добро затвори гуменим чепом, нагне се тако да сона киселина из епрувете постепено прелије целу количину земље. Развијени гас  $\text{CO}_2$  потискује воду у цеви (Б). Померањем цеви (Д) уједначити нивое течности у цеви (Б). Ради бољег одвијања реакције треба боцу неколико пута промућкати. Развијање  $\text{CO}_2$  траје различито време, у зависности од количине карбоната, али је после 20 мин. обично завршено. Тада треба коначно изједначити нивое течности у цеви (А) и (Б), очитати запремину  $\text{CO}_2$  у цеви (Б), притисак на барометру и температуру на термометру.



Слика 18. Положај калциметра пре (лево) и после мерења (десно).

### Израчунавање

Садржај карбоната у узорку израчунава се помоћу следеће формуле:

$$W(\text{CaCO}_3) = \frac{V \times m_1 \times 2,274 \times 100}{m_2}$$

где је:

- $W(\text{CaCO}_3)$  садржај карбоната у земљишту, изражен у процентима (%)
- $V_1$  запремина развијеног  $\text{CO}_2$  и севи В
- $m_1$  маса 1 ml  $\text{CO}_2$  при одређеној температури и притиску, која се налази помоћу табеле 9
- $m_2$  маса узорка земљишта (g)

**Табела 9.** Прерачунавање милилитара CO<sub>2</sub> на милиграме CaCO<sub>3</sub> при различитим температурама и притисцима

| Температура<br>(°C) | Barometarski pritisak u mm |       |       |       |       |       |       |       |       |
|---------------------|----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                     | 749                        | 751   | 753,5 | 756   | 758   | 760   | 762,5 | 765   | 767   |
| 25                  | 4,128                      | 4,143 | 4,158 | 4,172 | 4,186 | 4,197 | 4,208 | 4,219 | 4,230 |
| 24                  | 4,142                      | 4,157 | 4,172 | 4,186 | 4,200 | 4,211 | 4,222 | 4,233 | 4,244 |
| 23                  | 4,156                      | 4,171 | 4,186 | 4,200 | 4,214 | 4,226 | 4,237 | 4,248 | 4,259 |
| 22                  | 4,170                      | 4,185 | 4,200 | 4,214 | 4,228 | 4,240 | 4,252 | 4,263 | 4,274 |
| 21                  | 4,184                      | 4,199 | 4,214 | 4,229 | 4,234 | 4,255 | 4,267 | 4,279 | 4,290 |
| 20                  | 4,199                      | 4,214 | 4,229 | 4,234 | 4,257 | 4,269 | 4,281 | 4,292 | 4,303 |
| 19                  | 4,213                      | 4,228 | 4,243 | 4,258 | 4,272 | 4,284 | 4,296 | 4,307 | 4,318 |
| 18                  | 4,228                      | 4,243 | 4,258 | 4,272 | 4,286 | 4,298 | 4,310 | 4,321 | 4,332 |
| 17                  | 4,242                      | 4,257 | 4,272 | 4,386 | 4,300 | 4,312 | 4,324 | 4,335 | 4,346 |
| 16                  | 4,256                      | 4,271 | 4,286 | 4,300 | 4,314 | 4,326 | 4,334 | 4,349 | 4,360 |
| 15                  | 4,271                      | 4,286 | 4,301 | 4,315 | 4,329 | 4,341 | 4,353 | 4,364 | 4,375 |

\*За вредности ваздушнок притиска које се не налазе у табели, тежина CaCO<sub>3</sub> се израчунава интерполацијом или се узима најбилжа вредност.

#### 4.2.1. Класификација земљишта

**Табела 10.** Класификација земљишта према садржају калцијум карбоната

| Садржај CaCO <sub>3</sub> (%) | Класа земљишта             |
|-------------------------------|----------------------------|
| 0                             | Бескарбонатно земљиште     |
| 0 – 2                         | Слабо карбонатно земљиште  |
| 2 – 5                         | Средње карбонатно земљиште |
| 5 – 10                        | Карбонатно земљиште        |
| > 10                          | Јако карбонатно земљиште   |

***Задачи за вежба:***

1. Описати ток вежбе, приказати израчунавање резултата, уписати резултате и дати њихов коментар.

Тип земљишта:

Садржај  $\text{CaCO}_3$  (%):

Класа земљишта према садржају  $\text{CaCO}_3$ :

### 4.3.ОДРЕЂИВАЊЕ УКУПНОГ АЗОТА У ЗЕМЉИШТУ Semimikro-Kjeldahl-овом МЕТОДОМ

Садржај укупног азота у ораничном слоју обрађиваних земљишта је најчешће између 0,1 и 0,2 %. Од тога највећи део (преко 90 %) се налази у органским једињењима земљишта, а неколико процената је у неорганском облику (минерални  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$  азот). Иако сва азотна органска једињења у земљишту нису још идентификована, сматра се да 24-37% земљишног органског азота чине протеини, 3-4 % је у облику нуклеинских киселина, а 5-10 % је у облику аминок шећера. Око 50 % од укупног азота чине стабилна комплексна, кондензована или полимеризована једињења хумусних материја.

Део органских једињења азота у земљишту се лако разлажу и брзо минерализују, а пореклом су од свеже заораних остатака биљака и изумрлих микроорганизама (аминокиселине, амиди, амини, аминок шећери, аспарагин и др.). Азотна органска једињења која се теже и спорије разлажу радом микроорганизама чине азот хумусних материја.

Неоргански азот (“приступачни азот земљишта”) је онај део земљишног азота, који се екстрахује раствором 2 М KCl. Међутим, један део неорганског азота земљишта не може се екстраховати са 2 М KCl јер је чврсто везан у интерламеларне просторе глине и назива се “фиксирани”  $\text{NH}_4\text{-N}$ .

Биљке претежно усвајају амонијачни и нитратни азот, док у мањој мери биљке могу да усвајају азот нискомолекуларних органских једињења, као што су аспарагин, уреа и друга. У погледу усвајања ( $\text{NH}_4^+$  и  $\text{NO}_3^-$ ) оба јона су равноправна, иако се њихова вредност за исхрану биљака мења са условима средине и старошћу биљке. У киселој средини биљке усвајају више  $\text{NO}_3^-$ , док у алкалној предност има  $\text{NH}_4^+$ . Млађе биљке више усвајају  $\text{NO}_3^-$ , вероватно зато што немају довољно угљених хидрата за синтезу органских киселина за које се амонијак везује. Везивање  $\text{NH}_4^+$  за органске киселине је важно, јер он представља отров за протоплазму, посебно ако се нагомилава у слободном стању у биљци. Како је садржај  $\text{NH}_4\text{-N}$  у земљишту најчешће мали, а  $\text{NO}_3\text{-N}$  је подложен променама у току године (посебно зиме), отуда се при процени резерве азота у земљишту узима органски и укупан азот. На основу укупне количине азота у земљишту не може се поуздано проценити обезбеђеност биљака овим хранљивим елементом. Међутим, вредност анализе земљишта на укупан садржај азота у земљишту је користан показатељ, посебно у случају ужих агроеколошких целина, на једном газдинству и на истом типу земљишта, где ако се на појединим парцелама утврди неједнак садржај укупног азота, то је сигуран показатељ да између њих постоје разлике у могућности снабдевања усева приступачним (минералним) азотом. Познавања садржаја азота у земљишту од значаја је за правилно дозирање азотних минералних ђубрива.

#### *Принцип методе*

Метода се састоји у разарању узорака земљишта концентрованом сумпорном киселином у присуству катализатора и уз загревање. На тај начин азот се преводи у  $\text{NH}_3\text{-N}$  облик који се одређује у дигестру, паром дестилацијом.

### Реагенси

- Сумпорна киселина, концентрована (10-12 ml конц..  $\text{H}_2\text{SO}_4$ /1 g узорка)
- Смеша катализатора -100 g  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ; 10g  $\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$ ; 1g Se. Исистнити у авану и добро измешати.
- Мешани индикатор Б (0,099 g бромкрезолгина и 0,066 g метилрота се раствори у 20 ml загрејаног етанола у балону од 100 ml, и након тога допуни балон етанолом доознаке од 100 ml.
- Раствор  $\text{H}_3\text{BO}_3$  + мешани индикатор (100 g cc  $\text{H}_3\text{BO}_3$  растворити у 3.5 l загрејане воде, и додати 100 ml мешаног индикатора В. Сутрадан допунити балон дестилованом водом до 5 l и подесити рН раствора са 0.1 N NaOH (4 g NaOH растворити у 1 l  $\text{H}_2\text{O}$ ) на рН=5.
- Сумпорна киселина, 0,01N  $\text{H}_2\text{SO}_4$
- Натријум хидроксид, 10N NaOH (400g NaOH растворити у 1 l воде)

### Апарати и прибор

- Апаратура за дестилацију
- Дигитална бирета, Бранд (50 ml)
- Ерленмајер тиквице, 250 ml
- Сталак за Ерленмајер тиквице
- Ексикатор
- Аналитичка вага
- Чаша, 1000 ml
- Нормални суд од 100 ml
- Реагенс боца

### Поступак

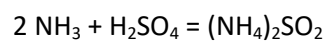
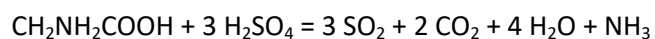
#### Разарање и оксидација органске материје

Одмери се 1 g земљишта и стави у Кјелдахл балон (слика 19). Дода се 2  $\text{cm}^3$   $\text{H}_2\text{O}$ , промућка балон и остави да стоји 30 минута. Дода се 1,1 g смеше катализатора и 3  $\text{cm}^3$  концентроване  $\text{H}_2\text{SO}_4$  и лагано се загрева док вода не испари и завши пенушање. Остави се смеша да кључа 5 сати.



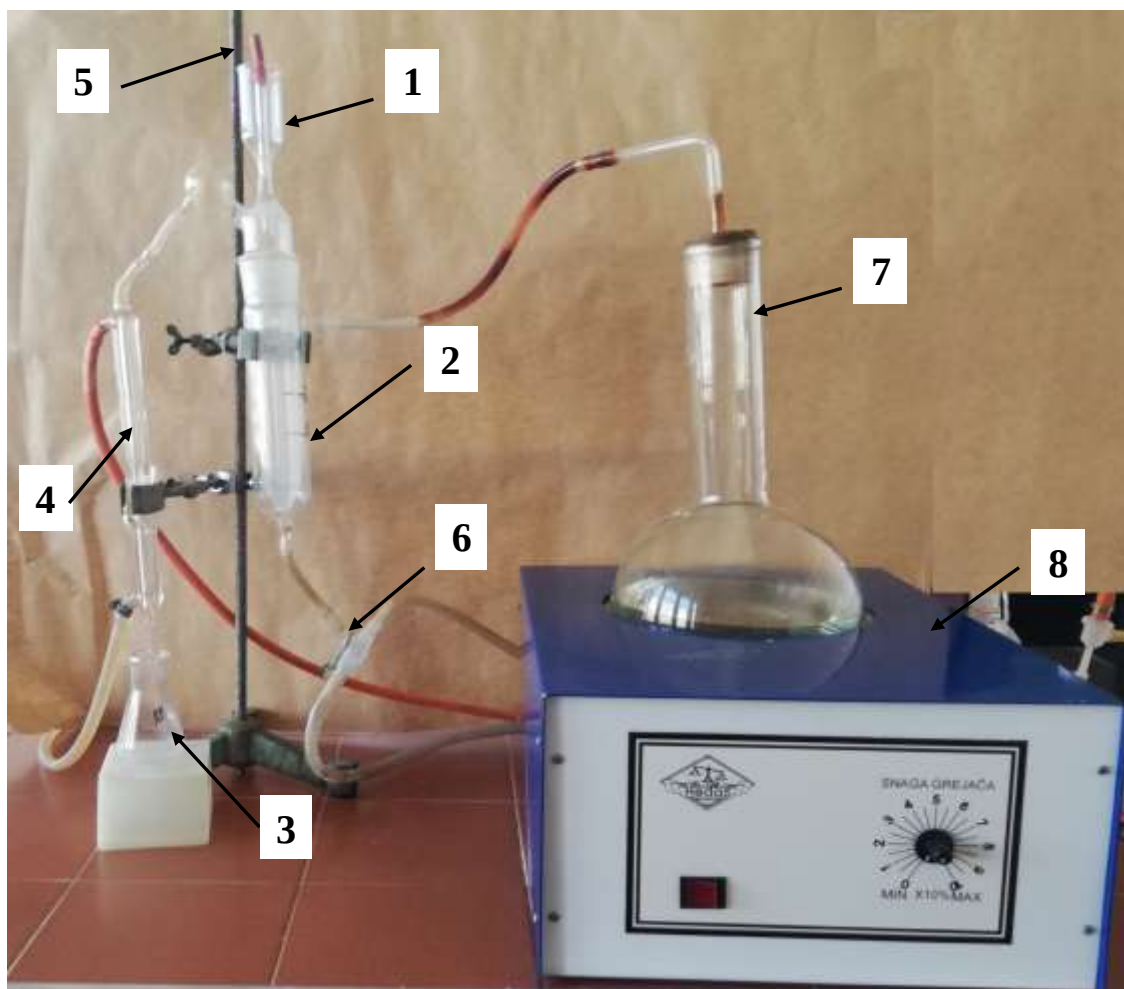
**Слика 19.** Кјелдахл балони на решоу за разарење органске материје земљишта

Хемијске промене при разарању органске материје и везивању амонијака (пример):



#### Издајање – дестилација амонијака

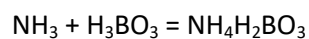
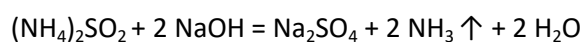
После разарања балон се охлади и опрезно дода око  $20 \text{ cm}^3$  воде и добро промућка. Садржај балона се кроз левак пребаци у дестилациону комору апарата (Слика 20).



**Слика 20.** Апаратура за дестилацију

(1. Левак; 2. Дестилациона комора; 3. Ерленмајер; 4. Кондезатор; 5. Стаклени штапић; 6. Штипаљка за прекидање одвода водене паре; 7. Балон за дестилацију; 8. Грејна облога)

Испира се балон три пута са око  $9 \text{ cm}^3$  воде да се обави потпуно преношење. Дода се воде у дестилациону комору, да се ниво раствора доведе до црте која означава запремину од  $50 \text{ cm}^3$ , па се затвори левак. Сипа се  $5 \text{ cm}^3 \text{ H}_3\text{BO}_3$  са индикатором у ерленмајер од  $50 \text{ cm}^3$ , која је означена на  $35 \text{ cm}^3$ , и постави се испод кондезатора чији врх треба да је уроњен у борну киселину. Затим се у левак апарата дода  $20 \text{ cm}^3 \text{ 10 N NaOH}$  па се полако пушта у дестилациону комору подизањем стакленог штапића. Кад у левку остане  $1 \text{ cm}^3 \text{ NaOH}$ , дода се брзо  $15 \text{ cm}^3$  воде која се пушта у комору за дестилацију док раствор не доведемо до марке од  $80 \text{ cm}^3$ . Затварањем одвода воде на апарату почиње дестилација:





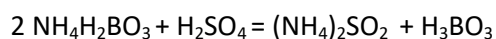
## Титрација

Уклони се ерленмајер са дестилатом испод кондензатора који се претходно испере, и одреди амонијачни азот титрисуњем (титровањем) са 0,01 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (слика 21)



**Слика 21.** Аутоматска бирета за титрацију са 0,01 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

Промена боје у тачки еквиваленције је из зелене у ружичасту:



## Израчунавање

1 cm<sup>3</sup> 0,01 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> = 0,14 mg NH<sub>4</sub>-N

### 4.3.1. Класификација земљишта према садржају укупног азота у земљишту

**Табела 11.** Класификација земљишта према садржају укупног азота у земљишту:

| % N         | Класа обезбеђености земљишта |
|-------------|------------------------------|
| < 0,10      | Сиромашно                    |
| 0,10 – 0,20 | средње обезбеђено            |
| > 0,20      | добро обезбеђено             |

### *Задаци за вежбу*

1. Описати ток вежбе, приказати израчунавање резултата, уписати резултате и дати њихов коментар.
2. Израчунати колико у земљишту има укупног азота и у коју групу обезбеђености спада земљиште ако у њему има .... % хумуса.

## 4.4.ОДРЕЂИВАЊЕ МИНЕРАЛНОГ АЗОТА У ЗЕМЉИШТУ

$(\text{NH}_4+\text{NO}_2+\text{NO}_3)\text{-N}$  (Метод *Bremner-a*)

### Принцип методе

Билке усвајају из земљишта минерални азот, који може бити у амонијачном, нитритном и нитратном облику. Нитрати и нитрити у земљишту се налазе само у раствореном стању у земљишном раствору. Са друге стране, амонијачни азот само се незнатним делом налази у земљишном раствору, док је већим делом адсорбован за земљишне колоиде. Минерални облици азота могу се екстраховати са 2 М KCl, у односу на 10 cm<sup>3</sup> екстракционог раствора на 1 g земљишта уз мућкање од 1 h, при чему у раствор прелази адсорбовани и водорастворљиви NH<sub>4</sub>-N и целокупна количина (NO<sub>2</sub>+NO<sub>3</sub>)-N. Из раствора, уз присуство јаке базе и неког редукционог средства (*Deward-ova* легуре), дестилацијом се одређује азот из награђеног амонијака.

### Апаратура и прибор

- Апарат за дестилацију (слика 22).
- Балон за дестилацију од 50 и 100 cm<sup>3</sup>.
- Ерленмајер од 50 и 250 cm<sup>3</sup> са широким грлом.
- Пипете од 5 и 20 cm<sup>3</sup>.
- Бирета од 10 cm<sup>3</sup>.

### Реагенси

- Раствор 0,005 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> : 5 ml 1 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> сипати у одмерни суд од 1 l и допунити водом до ознаке (1 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> , 28 ml cc H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> сипати у одмерни суд од 1 l и допунити водом до ознаке).
- Раствор 2 М KCl: 150 g KCl сипати у одмерни балон од 1 l.
- Раствор H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> + мешани индикатор: растворити 100 g H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> у 3,5 l загрејане дестиловане воде (60° C). Када се охлади до собне температуре додати 1 l етанола и 100 ml мешаног индикатора А (0,33 g бромкрезолгрин и 0,165 h метилрота растворити у мало загрејаног етанола. Квантитативно пренети у одмерни суд од 500 ml и допунити етанолом до ознаке), подесити рН раствора на 5 (разблаженим раствором NaOH или H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>).
- Deward-ova легура

### Поступак

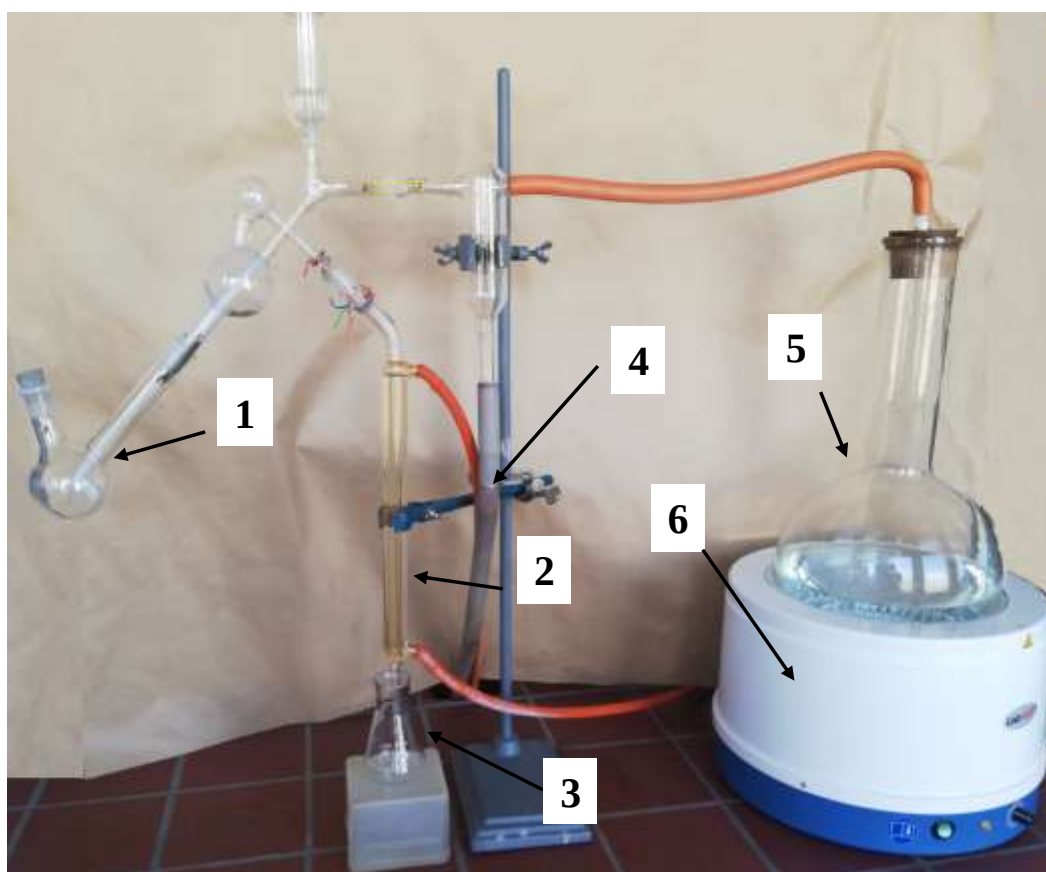
#### Екстракција

- Одмери се 10 g ваздушно сувог земљишта и пренесе у пластичну боцу од 250 cm<sup>3</sup>
- Дода се 100 cm<sup>3</sup> 2 М KCl и мућка 1 h.

- Филтрира се.

#### 4.4.1. Одређивање $\text{NH}_4\text{-N}$

- Од филтрата се узме аликвот од  $20\text{ cm}^3$  и ставља у колбу за дестилацију, којој се дода  $0,2\text{ g MgO}$ .
- Затварањем одвода водене паре почиње дестилација,
- Кондензат се хвата у ерленмајер од  $50\text{ cm}^3$ , која садржи  $5\text{ cm}^3$  борне киселине са индикатором.
- Дестилација је завршена када се добије  $30\text{ cm}^3$  кондензата (око 5 минута).
- Дестилација се прекида отварањем одвода водене паре, врх хладњака се испере дестилованом водом и кондензат је спреман за титрисање.



**Слика 22.** Апаратура за дестилацију (1. Колба за дестилацију; 2. Кондезатор; 3. Ерленмајер; 4. Штипаљка за прекидање одвода водене паре; 5. Балон за дестилацију; 6. Грејна облога).

#### 4.4.2. Одређивање $\text{NO}_3\text{-N}$ и $\text{NO}_2\text{-N}$

- После завршене дестилације  $\text{NH}_4\text{-N}$ , додаје се истој колби  $0,2\text{ g Deward-ova}$  легуре и брзо затвори (колба).
- Постави се нови ерленмајер са  $5\text{ cm}^3$  борне киселине испод хладњака.
- Затвори се одвод водене паре.

- Када се добије 30 cm<sup>3</sup> кондензата прекине се дестилација, спере се врх хладњака и титрише.

### Титрација

Титрација добијеног кондезата се врши са 0,005 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> до тачке еквиваленције која се постиже се код прелаза зелене боје у слабо ружичасту.

### Израчунавање

$$1 \text{ cm}^3 0,005 \text{ N H}_2\text{SO}_4 = 70 \text{ } \mu\text{g NO}_3\text{-N} + \text{NO}_2\text{-N}$$

Резултати се изажавају у ppm (mg на један kg земљишта).

### Задаци за вежбу

1. Описати ток вежбе, приказати израчунавање резултата, уписати резултате и дати њихов коментар.

Подаци о испитиваном узорку:

тип земљишта:

ppm NH<sub>4</sub>-N:

ppm (NO<sub>2</sub>-N + NO<sub>3</sub>)-N:

2. У којим облицима се налази азот у земљишту и у којим односима (у %)?
3. Шта чини минерални азот и од којих фактора зависи динамика појединих облика минералног азота?
4. Графички приказати сезонску динамику нитрата.

## 4.5.ОДРЕЂИВАЊЕ МИНЕРАЛНОГ АЗОТА У ЗЕМЉИШТУ ПО МЕТОДИ Scharpf-a &Wehrmann-a (за ђубрење на бази N-мин. методе)

### Принцип одређивања

Метода се заснива на апсорпцији нитратних јона при 210 nm. Пошто читав низ других, пре свега органских материја исто тако апсорбује UV светлост, друго мерење се врши на једној проби, где је нитрат помоћу бакарисаних гранула цинка у киселој средини редукован.

### Апаратура и прибор

- Апарат за– спектофотометар са UV- подручјем
- Кварцне кивете
- Пластичне боце за екстракцију запремине 100 cm<sup>3</sup>
- Ерленмајер од 500 cm<sup>3</sup> са широким грлом
- Нормални судови (одмерне тиквице, одмерни суд) од 100 cm<sup>3</sup>
- Бирета од 10 cm<sup>3</sup>
- Пипете од 1, 10, и 50 cm<sup>3</sup>

### Реагенси

- Сумпорна киселина, п.а. 10 вол. %.
- Бакарисане грануле цинка: 100 g цинка (метална зрна), п.а. се стави у лабораторијску чашу са 50 cm<sup>3</sup> дестиловане воде и 50 cm<sup>3</sup> разблажене сумпорне киселине (10 вол. %) прелије и меша све док цинк не покаже чисту површину. Закишељена течност се одлије и 2-3 пута са по 50 cm<sup>3</sup> дестиловане воде испере. Тада се 50 cm<sup>3</sup> дестиловане воде и 25 cm<sup>3</sup> 5 % CuSO<sub>4</sub> × 5 H<sub>2</sub>O дода, промеша уз евентуално даље додавање раствора CuSO<sub>4</sub>, све док целокупна спољна површина гранула цинка не буде покривена са једним црним бакарним слојем. Течност се одлије и грануле више пута исперу дестилованом водом.
- Алкохолни раствор фенола: 62,5 g фенола се раствори у мало етанола, дода 2 cm<sup>3</sup> метанола; 18,5 cm<sup>3</sup> ацетона и са алкохолом допуни до 100 cm<sup>3</sup> и чува у фрижидеру.
- Раствор натријум хидроксида: 27 g NaOH се раствори водом до 100 cm<sup>3</sup>, чува се у фрижидеру.
- Непосредно пре употребе измеша се по 20 cm<sup>3</sup> раствора фенола и раствор натријум хидроксида и дестилованом водом разблажи до 100 cm<sup>3</sup>.
- Раствор натријумхипохлорита: јодометријски се одреди код куповног раствора NaClO<sub>4</sub> садржај активног хлора и за употребу разблажи на садржај од 0,9 %. Припрема се истог дана.
- Стандардни раствор од 0-100 µg NH<sub>4</sub>-N/100 cm<sup>3</sup> (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

### *Ток анализе*

Одмери се 150 g земљишта пољске влажности у боцу за мућкање од пластичне материје са широким грлом.

- Дода се  $600\text{ cm}^3$  1 M NaCl + 0,1 M CaCl<sub>2</sub> 1<sup>h</sup>.
- Филтрира се преко набораног филтра (592/2), и прве порције филтрата се одбаце.

#### 4.5.1. Одређивање NO<sub>3</sub>-N

Од филтрата се одпипетира аликвот од по  $25\text{ cm}^3$  у два реагенс суда и дода се по  $1\text{ cm}^3$  10 вол. % уз мешање. Температура просторије треба да буде 10-22 °C. Апсорбанца се читава на 210 nm у односу на слепу пробу.

После измерене екстинкције убаце се под две бакарисане грануле цинка у сваки реагенс суд и најмање 6-8 h стоје заштићене од прашине али незатворене на  $t = 18-22\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Затим се изврши друго мерење раствора који не садржи нитрате. Садржај нитрата у екстракту земљишта се израчунава из разлике вредности екстинкције пре и после редукције нитрата помоћу једне обрачунске константе.

#### 4.5.2. Одређивање NH<sub>4</sub>-N

Амонијак добија са несупституисаним фенолом у алкалном раствору по додавању хипохлорита, као средство оксидације, једну водорастворљиву сафир плаву обојену материју чија се апсорпција светлости мери при 578 и 623 nm.  $100\text{ cm}^3$  филтрата узорка се отпипетира у ерленмајер. Дода се из бирете  $8,0\text{ cm}^3$  радног раствора фенола и кружним кретањем добро измеша. Из друге бирете дода се  $6\text{ cm}^3$  раствора натријум – хипохлорита и поново измеша. После појаве боје 1 до 1,5 h, узорак се филтрира преко набораног филтрата, а затим чита екстинкција на 578 или 623 nm. У кивети од  $1\text{ cm}^3$  према нултој вредности обрачунске криве.

### *Израчунавање*

Очитавањем серије стандарда познате концентрације конструише се калибрациона крива из које сазнајемо концентрацију NH<sub>4</sub>-N у испитиваном узорку.

## 4.6.ОДРЕЂИВАЊЕ ЛАКОПРИСТУПАЧНОГ ФОСФОРА И КАЛИЈУМА У ЗЕМЉИШТУ

Укупан фосфор у земљишту се налази у органском и минералном облику и најчешће је у количино 0,1-0,2 (0,3)%. Лакоприступачни фосфор је део укупних резерви фосфора који могу да усвоје биљке својим кореновим системом а то је:

- Фосфор у земљишном раствору (има га јако мало).
- Адсорбовани фосфор у адсорптивном комплексу земљишта
- Фосфор везан у разна Р–једињења као део MCP, DCP, део свеже исталожених колоидних фосфата Ал и Фе и неутрални фосфати.

Калијум је заступљен у земљишту у количини од 1-3%. Лако се испира из органске материје земљишта те се сматра да је целокупна количина калијума у минералном облику.

- Лакоприступачни калијум је калијум у земљишном раствору,
- Највећи део размењивог калијума у адсорптивном комплексу земљишта, то је заправо онај део калијума који прелази у раствор при третирању земљишта неутралним солима (амонијум-ацетат, амонијум –оксалат и др.) и који се из екстракта угланом одређује пламенометријски.

За одређивање лакоприступачног фосфора и калијума разрађен је велики број метода. Заједнички принцип код свих метода за одређивање фосфора је екстракција, тј. превођење у раствор лакорастворљивог дела фосфора и колориметријско одређивање фосфора у добивеном екстракту.

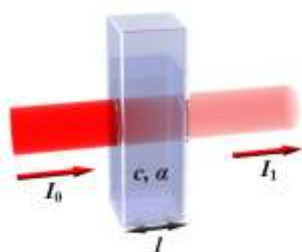
Разлике између појединих метода су у екстракционом средству. За екстракцију лакоприступачног фосфора примењују се: раствори соли и неких киселина (натријум-ацетат и сирћетна киселина, сумпорна киселина и амонијум сулфат и др.), разблажени раствори неких киселина (хлороводоничне, сумпорне, сирћетне...), као и раствори неких соли (калцијум лактат), а за методу Egner & Riehm користи се AL раствор који је по саставу 0,1 N амонијум-лактат и 0,4 N сирћетна киселина. Користећи различита екстракциона средства, из истог узорка се екстрахују различите количине лакоприступачног фосфора. Отуда за свако екстракционо средство (методу), постоје граничне вредности које карактеришу анализирана земљишта у погледу њихове снабдевености приступачним фосфором. На бази граничних вредности земљишта се сврставају у класе обезбеђености у лакоприступачном фосфору и закључује се о неопходности ђубрења овим елементом и потребним количинама Р-ђубрива за одређене културе и планиране приносе.

У нашој земљи AL метода је усвојена као званична метода за одређивање фосфора и калијума у првом реду што се из истог екстракта могу одредити лакоприступачне количине оба елемента.



#### 4.6.1. Колориметријско одређивање фосфора

Колориметрија је метода која се заснива на својству великог броја супстанци да када се растворе у неком растварачу или приликом реакције са другим супстанцама дају растворе одређене боје. Интезитет обојења раствора зависи од концентрације посматране супстанце у раствору, тј. Што је већа концентрација супстанце у раствору, раствор је интензивније обојен. Колориметријско одређивање фосфора заснива се на реакцији фосфора са амонијум молибдатом при чему настаје фосфор-молибденски комплекс који је интензивно плаве боје. Мерењем интезитера обојености раствора помоћу колориметра, могуће је одредити концентрацију фосфора у анализираном раствору. Колориметар је инструмент који мери количину светлости која пролази кроз неки раствор, при чему важи правило да што је раствор јаче обојен он ће апсорбовати већу количину светлости и обрнуто. Приликом мерења апсорпције светлости колориметром, користе се оптички филтери који пропуштају светлости боје коју ће анализирани раствор најбоље апсорбовати. На пример, уколико се врши мерење жуто обојених раствора, онда ће се користити плави филтер јер жуто обојени раствори најбоље апсорбују плаву светлост. Концентрација фосфора у раствору израчунава се на основу Lambert – Beer-овог закона који каже да је логаритам апсорпције светлости која пролази кроз раствор, пропорционалан дебљини слоја раствора и концентрацији растворене обојене супстанце (слика 23).



$$\frac{I_1}{I_0} = e^{-\alpha l c}$$

$$A = \alpha \cdot l \cdot c$$

$A$  – апсорбанција (екстинкција)

$I_0$  – интезитет упадне светлости

$I_1$  – интезитет пропуштене светлости кроз раствор

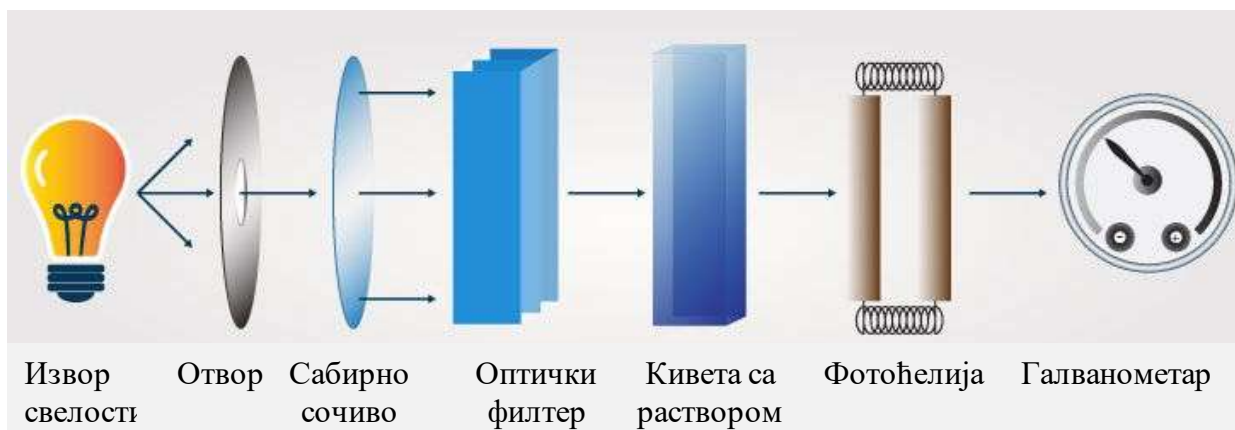
$c$  – концентрација обојене супстанце/раствора

$\alpha$  - апсорпциони коефицијент

$l$  – дебљина слоја раствора кроз који пролази светлост

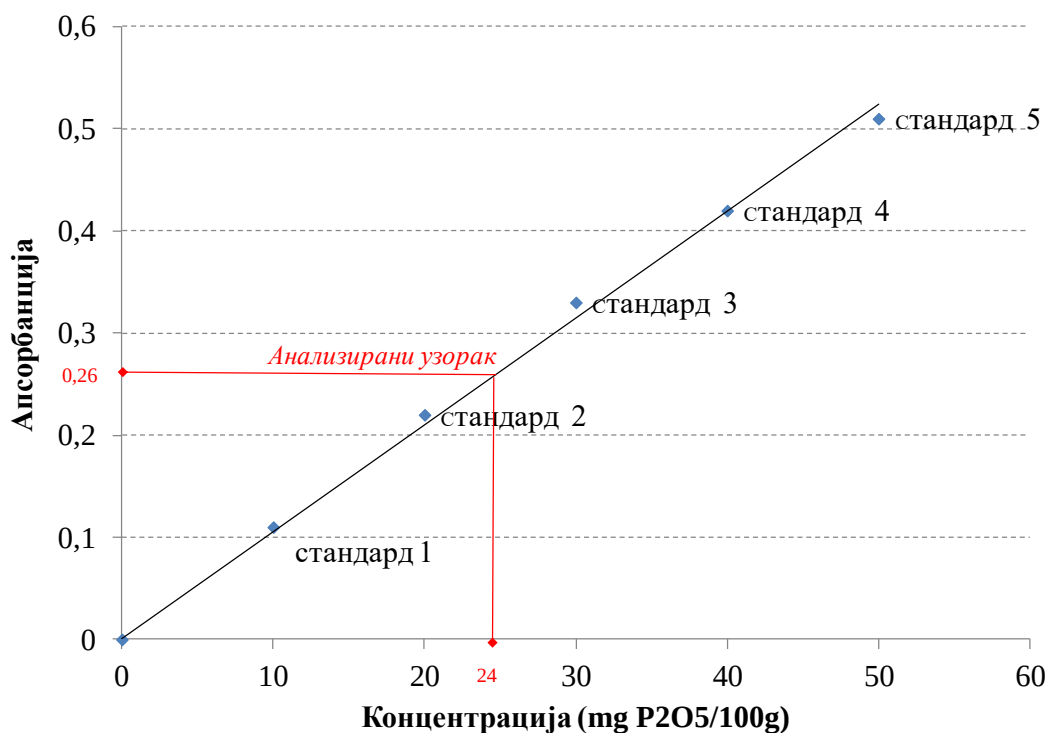
**Слика 23.** Lambert – Beer-ов закон

Колориметар се састоји од: лампе (извора светлости), сабирниог сочива (усмеравање светлости), отичких филтера који се мењају у зависности од боје анализираног раствора, провидне кивете у којој се налази анализирани раствор кроз коју пролази светлост, фотоћелије-детектора који мери интезитет пропуштене светлости кроз кивету и галванометра, односно скале за читавање апсорбанције (Слика 24).



**Слика 24.** Шематски приказ најважнијих делова колориметра

Да би се одредио садржај фосфора у анализираном раствору неопходно је припремити серију стандардних раствора познате концентрације фосфора. Серија стандардних раствора служи да се након очитавања њихове апсорбације на колориметру, конструише калибрациона крива која показује зависност између апсорбације и концентрације фосфора у раствору (Слика 25).

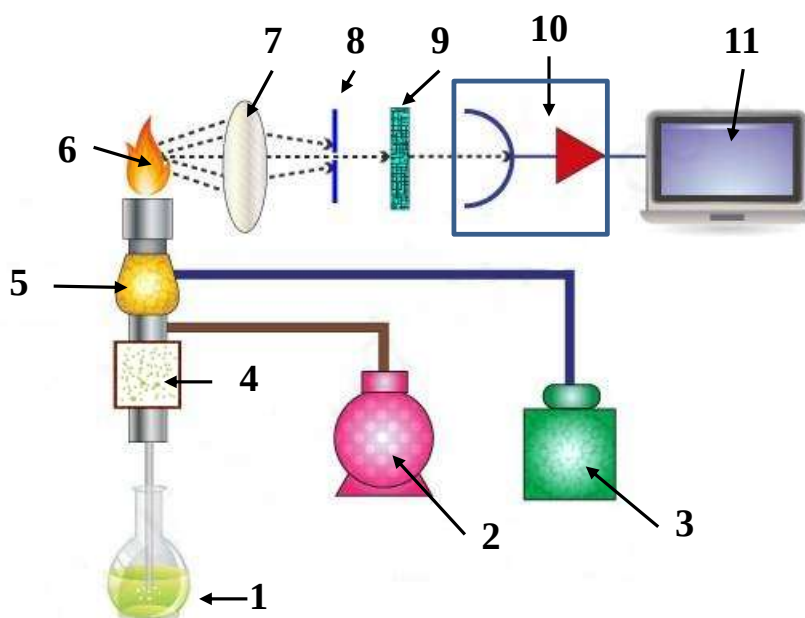


**Слика 25.** Калибрациона крива серије стандардних раствора

#### 4.6.2. Пламенфотометријско одређивање калијума

Пламенафотометрија је једна од метода емисионе спектроскопије. Основни принцип емисионе спектроскопије се заснива на особини атома хемијских елемената (нарочито метала) да када им се доведе довољна количина енергије, прелазе у ексцитовано (побуђено) стање и емитују светлост. Емитована светлост је карактеристичне таласне дужине за сваки хемијски елемент, и интезитет емитоване светлости је пропорционалан броју побуђених атома.

Принцип рада се пламенфотометра заснива на мерењу интезитета светлости специфичне таласне дужине, коју емитује раствор испитиваног елемента распршен у облику магле (аеросоли) у пламену. Када раствор соли метала доспе у пламен, растварач (вода) испарава остављајући фино распршну со метала. Након тога, со метала се распада на атоме (атомозира се), који под утицајем топлоте прелазе у ексцитовано стање, односно долази до преласка валентних електрона на више енергетске нивое. Приликом враћања електрона у основно стање емитује се одређена количина енергије чија је таласна дужина специфична за сваки хемијски елемент. Зрачење карактеристичне таласне дужине изолује се помоћу монохроматора или филтера који пропушта само одређену таласну дужину светлости. Поприштена светлост пада на фотоћелију (фотодетектор) где ствара електрични импулс који је пропорционалан концентрацији испитиваног елемента у пламену. Шематски приказ основних делова пламенфотометра приказани су на слици 26.



**Слика 26.** Шематски приказ рада пламенфотометра (1. Аналиzirани ратвор соли метала; 2. Компримовани ваздух; 3. Гориво- смеша гаса пропан-бутан; 4. Атомизер; 5. Горионик; 6. Пламен; 7. Сабирно сочиво; 8. Отвор за светлост; 9. Монохроматор или филтер; 10. Фотоћелија или фотодетектор; 11. Екран мерача.

Да би се одредила концентрација калијума у анализираном раствору неопходно је припремити серију стандардних раствора познате концентрације калијума. Серија стандардних раствора служи да се након читавања на пламенфотометру, конструише

калибрациона крива која показује зависност између добијених вредности очитања на пламенфотометру и концентрације калијума у раствору.

## 4.7.ОДРЕЂИВАЊЕ ЛАКОПРИСТУПАЧНОГ ФОСФОРА И КАЛИЈУМА У ЗЕМЉИШТУ АЛ- МЕТОДОМ (Egner & Riehm, 1958)

### *Принцип методе*

Одређивање садржаја лакоприступачног фосфора и калијума у земљишту овом методом заснива се на екстракцији фосфора и калијума АЛ раствором. Јони фосфора који су прешли у раствор одређују се колориметријски одн. спектрофотометријски, а калијум пламенфотометријски или атомском апсорпционом спектрофотометријом.

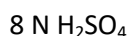
### *Реагенси*

#### Концентровани АЛ-раствор

1000 g млечне киселине п.а. стави се у боцу са 2000 cm<sup>3</sup> дестиловане воде и остави у сушници да се хидролизује на 95°C у току 48 часова. Испарена количина воде се дода. После хладјења одреди се нормалитет раствора титрацијом са NaOH уз индикатор фенолфталеин. Нормалитет разблажене киселине је око 3 N. Ако се припрема 10 литара концентрованог АЛ раствора онда се број грама разблажене млечне киселине, који треба узети за припремање 10 литара раствора израчуна тако што се 10.000 подели са нормалитетом млечне киселине. Нпр.: утврђен је нормалитет разблажене млечне киселине и износи 3,2 N. Број грама разблажене млечне киселине који треба узети за припремање 10 l раствора је: 10. 000 : 3,2 = 3.125 g. Овако одређена количина млечне киселине помеша се са 1.785 cm<sup>3</sup> 96% сирћетне киселине п.а. и 770 g амонијум ацетата п.а. и дестилованом водом се допуни до 10 l.

#### Радни (екстракциони) АЛ-раствор

Један литар концентрованог АЛ-раствора разблажи се дестилованом водом до 10 l. Овај раствор се употребљава за екстракцију и његов рН је 3,75.



За добијање 1 l овог реактива потребно је 224 cm<sup>3</sup> H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> п.а. (спец. теж. 1,84). Припрема се тако што се у одмерни балон од 1 l до половине дода дестилована вода. Потом се пажљиво, уз хлађење балона под чесмом, низ зид балона, у врло танком млазу, уз прекиде, долива cm<sup>3</sup> H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Отвор балона окренути од себе. После додавања целокупне количине киселине, балон се охлади и допуни дестилованом водом до марке.

#### 1,44% раствор амонијум-молибдата

Припрема се тако што се 14,4 g амонијум-молибдата п.а. (NH<sub>4</sub>)<sub>6</sub>Mo<sub>7</sub>O<sub>24</sub> · 4H<sub>2</sub>O, сипа у ерленмајер од 1 l, у којој се налази око 600 cm<sup>3</sup> дестиловане воде загрејане на 80°C. После растварања и по хлађењу на собној температури допунити водом до марке.

## 2,5% раствор аскорбинске киселине

Одмери се 2,5 g аскорбинске киселине, која се добро затворена чува у мраку, сипа у одмерни балон од 100 cm<sup>3</sup> и по растварању долије дестилована вода до марке.

## Стандарни раствори

### Основни стандардни раствор

Одмерити 1,917 g KН<sub>2</sub>РO<sub>4</sub> и 0,534 g KCl п.а., који су сваки посебно осушени на 105°C, и у одмерном балону од 1000 cm<sup>3</sup> растворе се дестилованом водом. Овако припремљен раствор у 1 cm<sup>3</sup> садржи 1 mg Р<sub>2</sub>О<sub>5</sub> и 1 mg К<sub>2</sub>О. Ради спречавања развоја гљивица дода се неколико капи толнола.

### Радни стандардни раствор

Припрема се тако што се 50 cm<sup>3</sup> основног раствора пренесе у одмерни балон од 500 cm<sup>3</sup> и допунити водом до марке.

### Серија стандардних раствора

Припрема се у одмерним балонима од 200 cm<sup>3</sup> према табели 12.

**Табела 12.** Припрема серије стандардних раствора

| Опис                                                                                                                       | Број балона од 200 cm <sup>3</sup> |   |    |    |    |    |    |    |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|---|----|----|----|----|----|----|----|
|                                                                                                                            | 0                                  | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 |
| Радни стандардни раствор од 0,1 mg Р <sub>2</sub> О <sub>5</sub> и К <sub>2</sub> О по 1 cm <sup>3</sup> - cm <sup>3</sup> | 0                                  | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 |
| Концентровани<br>AL-раствор                                                                                                | по 10 cm <sup>3</sup>              |   |    |    |    |    |    |    |    |
| Дестилована Н <sub>2</sub> О                                                                                               | допунити до марке                  |   |    |    |    |    |    |    |    |
| Толуол                                                                                                                     | по 2 капи                          |   |    |    |    |    |    |    |    |
| Садржај у 100 g земљишта mg Р <sub>2</sub> О <sub>5</sub> и К <sub>2</sub> О                                               | 0                                  | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 |

### Апаратура и прибор

- Колориметар или Спектрофотометар,
- Пламенфотометар или Атомски апсорпциони спектрофотометар
- Техничка вага
- Полиетиленске боце од 500 cm<sup>3</sup>
- Сталак за филтрирање
- Левци за филтрирање
- Филтер папир (плава трака)
- Стаклене чаше (високе) од 150 cm<sup>3</sup>
- Бирете од 50 cm<sup>3</sup>
- Бирете од 10 cm<sup>3</sup>
- Трансферпетор
- Одмерни балон од 100 cm<sup>3</sup>
- Сушница

### Поступак

#### Одређивање лакоприступачног P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

Одмери се 5 g ваздушно сувог земљишта које је просејано кроз сито од 2 mm и стави у полиетиленску боцу од 500 cm<sup>3</sup>. Узорак се прелије са 100 cm<sup>3</sup> радног AL-раствора, боце се добро затворе и ставе на ротациону мућкалицу. Екстракција траје 2 часа, на температури 20 ± 2°C, при 35-40 σ · мин<sup>-1</sup>.

Потом се изводи филтрирање. Филтрати се хватају у чаше. Прве порције се бацају и хвата се само бистар раствор. У одмерне балоне од 100 cm<sup>3</sup> пренесе се аликвот екстракта од 25 cm<sup>3</sup>. Истовремено се од серије стандарда узму истоветни аликвоти а за слепу пробу се узме аликвот од радног AL-раствора. Потом се у одмерне балоне, уз мућкање, додају следећи реактиви: 9 cm<sup>3</sup> 8 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 10 cm<sup>3</sup> 1,44% амонијум молибдата, 2 cm<sup>3</sup> 2,5% раствора аскорбинске киселине. У све балоне дода се дестилована вода до око 80 cm<sup>3</sup>. Овако припремљени одмерни балони ставе се у сушницу загрејану на 95°C у трајању од 1 часа. Балони се после тога оставе да се охладе и дода се вода до марке и добро измућкају. Мерење се обавља на колориметру уз црвени филтер а на спектрофотометру при таласној дужини од 580 nm. Од интензитета плаве боје раствора зависи и садржај фосфора у екстракту. За израчунавање садржаја фосфора у испитиваним земљиштима, на основу вредности мерења серије стандарда, конструише се калибрациона крива. На апсцису наноси се садржај фосфора у земљишту у mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> на 100 g земљишта. На ординату се наносе вредности мерења. У пресеку ових вредности налазе се тачке које повезане дају калибрациону криву. Са калибрационе криве се директно читава садржај лакоприступачног фосфора у mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> на 100 g земљишта.

### **Одређивање лакоприступачног $K_2O$**

Калијум се у филтрираном екстракту директно одређује на пламенфотометру или на ААС. Екстракти се за ову сврху не разблажују. За баждарење апарата користи се слепа проба при чему читање на апарату подеси на нулу, а са стандардом највеће концентрације (од 40 mg  $K_2O$ ) доведе се на подеок 100. Ова операција понови се више пута. Прво се чита серија стандардних раствора који се припремају на начин описан као при одређивању фосфора. Потом се приступа читавању серије екстракта испитиваних земљишта.

За израчунавање резултата користи се калибрациона крива слична оној код фосфора. На апсцису се наноси садржај калијума у земљишту у mg  $K_2O$  на 100 g а на ординату вредности читавања на галванометру апарата.

Са калибрационе криве директно се сазнаје садржај лакоприступачног калијума у mg  $K_2O$  на 100 g земљишта.

#### 4.7.1. Класификација земљишта према садржају лако приступачног фосфора и калијума

**Табела 13.** Нивои хранива у земљишту и степен потребе ђубрења фосфором и калијумом (AL-метода, Егнер и Риехм, 1958) земљишта за њивске културе (привремени нормативи), (Манојловић, 1986)

| Ознака<br>нивоа | Оцена нивоа                                     | Садржај (mg 100g <sup>-1</sup> ) |                  | Процена враћања<br>P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> од изнете<br>количине приносом                                                                      | Проценат враћања<br>K <sub>2</sub> O од изнете<br>количине<br>приносом |
|-----------------|-------------------------------------------------|----------------------------------|------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
|                 |                                                 | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>    | K <sub>2</sub> O |                                                                                                                                                      |                                                                        |
| <b>(М)</b>      | <b>врло низак<br/>(мелиоративни)</b>            | испод<br>5                       | испод<br>5       | мелиорационо<br>ђубрење 100-200% од<br>изнете количине                                                                                               | 100%                                                                   |
| <b>А</b>        | <b>низак<br/>(сиромашан)</b>                    | 5-10                             | 5-10             | веома повећано<br>ђубрење 130-150% од<br>изнете количине                                                                                             | 80-90%                                                                 |
| <b>Б</b>        | <b>средњи<br/>(средње<br/>сиромашно)</b>        | 10-15                            | 10-15            | умерено повећано<br>ђубрење<br>110-130% од изнете<br>количине                                                                                        | 60-70%                                                                 |
| <b>В</b>        | <b>оптималан<br/>(добро<br/>обезбеђено)</b>     | 15-25                            | 15-25            | само ђубрење<br>одржавања 100 (враћа<br>се само изнета<br>количина)                                                                                  | 50-60%                                                                 |
| <b>Г</b>        | <b>висок<br/>(претерано<br/>обезбеђен)</b>      | 25-40                            | 25-40            | умерено умањена<br>потреба ђубрења 70-<br>80% од изнете<br>количине                                                                                  | 30-40%                                                                 |
| <b>Д</b>        | <b>врло висок<br/>(екстремно<br/>обезбеђен)</b> | 40-50                            | 40-50            | не постоји потреба<br>ђубрења (ђубрење се<br>изоставља 1-3 године<br>уз контролу нивоа<br>микроелемената)                                            | изоставити<br>примену<br>1-3 год.                                      |
| <b>(Ш)</b>      | <b>штетан</b>                                   | преко<br>50                      | преко<br>50      | не постоји потреба<br>ђубрења за дужи<br>период, спроводе се<br>мере заштите од<br>евентуалне<br>токсичности уз строгу<br>контролу<br>микроелемената | изоставити<br>примену<br>дужи период                                   |



### Задаци за вежбу

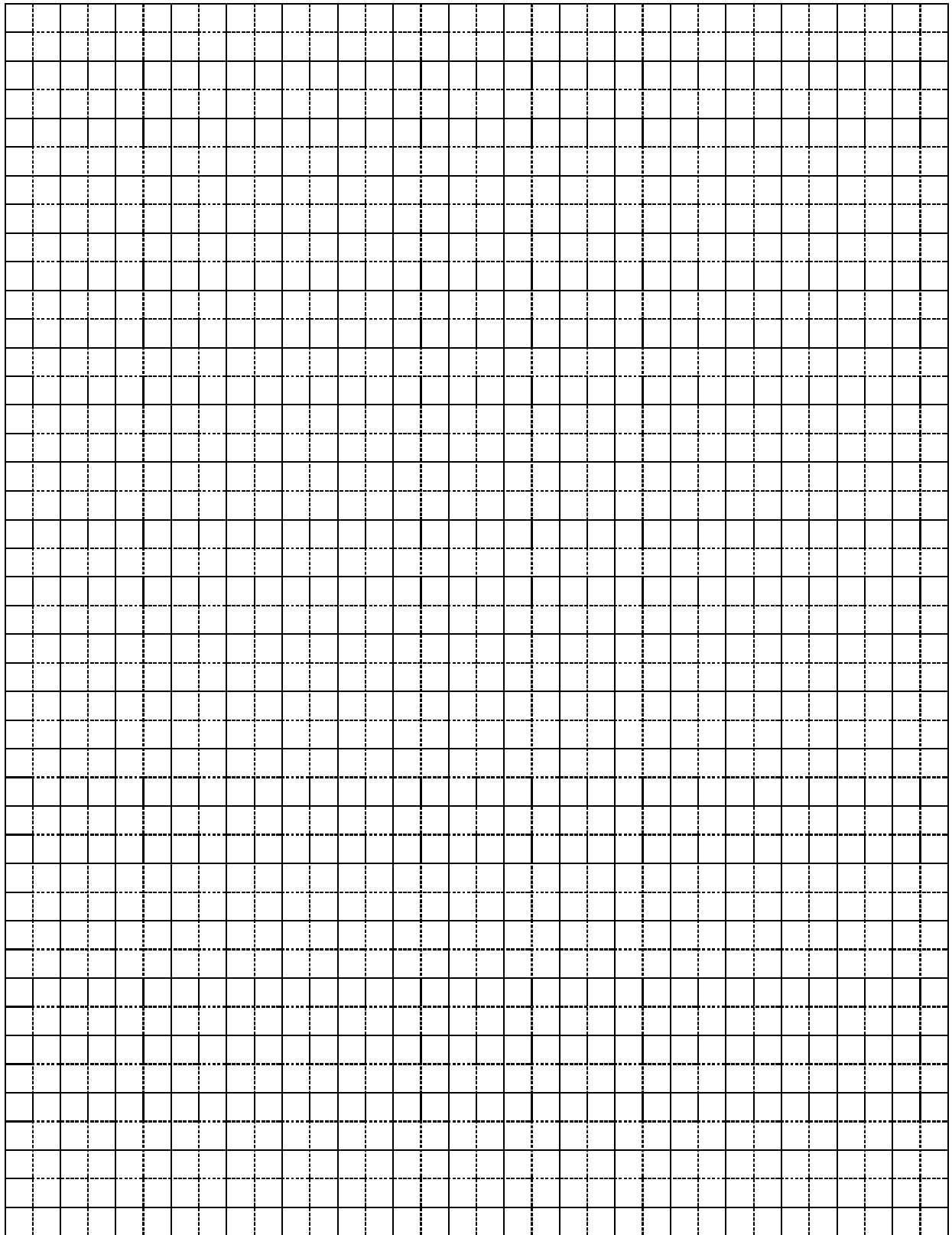
1. Конструисати калибрациону криву и очитати садржај фосфора и калијума у земљишту.

Табела 14. Очитавање серије стандардних раствора за фосфора

| Концентрација раствора<br>$\text{mg P}_2\text{O}_5 \cdot 100^{-1} \text{g}$ | Очитано на колориметру (екстинкција) |
|-----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| 5                                                                           |                                      |
| 10                                                                          |                                      |
| 15                                                                          |                                      |
| 20                                                                          |                                      |
| 25                                                                          |                                      |
| 30                                                                          |                                      |
| 35                                                                          |                                      |
| 40                                                                          |                                      |

Табела 15. Очитавање серије стандардних раствора за калијум

| Концентрација раствора<br>$\text{mg K}_2\text{O} \cdot 100^{-1} \text{g}$ | Очитано на пламенфотометру |
|---------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| 5                                                                         |                            |
| 10                                                                        |                            |
| 15                                                                        |                            |
| 20                                                                        |                            |
| 25                                                                        |                            |
| 30                                                                        |                            |
| 35                                                                        |                            |
| 40                                                                        |                            |



2. Описати ток вежбе, приказати израчунавање резултата, уписати резултате и дати њихов коментар.

Подаци о испитиваном узорку:

Тип земљишта:

Садржај приступачног фосфора ( $\text{mg P}_2\text{O}_5 \cdot 100^{-1} \text{g}$  земљишта):

Садржај пристушачног калијума ( $\text{mg K}_2\text{O} \cdot 100^{-1} \text{g}$  земљишта):

Класа обезбеђености земљишта фосфором:

Класа обезбеђености земљишта калијумом:

3. Израчунати колико килограма лакоприступачног фосфора и клијума има у земљишту на парцели површине 1 ha, у слоју 0-30 cm (запреминска маса земљишта  $1,3 \text{ g cm}^{-3}$ ), ако је хемијском анализом утврђено  $\text{___ mg P}_2\text{O}_5 \cdot 100^{-1} \text{g}$  и  $\text{___ mg K}_2\text{O} \cdot 100^{-1} \text{g}$  земљишта.

## 4.8.ОДРЕЂИВАЊЕ САДРЖАЈА ОРГАНСКЕ МАТЕРИЈЕ (ХУМУСА) У ЗЕМЉИШТУ ПО ТЈУРИНУ

### *Подручје примене*

Метода одредјивања хумуса у земљишту по Тјурину може се применити на све врсте земљишта која нису мочварна или тресетна.

### *Принцип одређивања*

Принцип одређивања садржаја органске материје (хумуса) по Тјурину заснива се на оксидацији органске материје земљишта која се врши са 0,4 N  $K_2Cr_2O_7$  са коришћењем оксидоредукционог индикатора, а то је фенилантранилна (о-дифениламинкарбонска) киселина.

### *Реагенси*

- 0,4 N  $K_2Cr_2O_7$  - припрема се растварањем 19,60 g  $K_2Cr_2O_7$  у 500 ml  $H_2O$  у тиквици од 1000 ml. Затим се опрезно додаје 500 ml концентроване  $H_2SO_4$  уз хлађење. Након хлађења тиквица се допуни до марке разредјеном  $H_2SO_4$  (1:1).
- 0,1 N раствор Морове соли - припрема се растварањем 39,22 g Морове соли у 1 l воде у којој се налази 20 ml cc  $H_2SO_4$ .
- Фенилантранилна киселина: 1 g фенилантранилне киселине и 1 g  $Na_2CO_3$  ставе се у чашу, додаје се дестилована вода и мути се маса помоћу стакленог штапића до павлакастог стања. Затим се садржај пажљиво квантитативно пребаци у одмерни балон од 500 ml, добро промућка и допуни водом до црте.
- Концентрована  $H_2SO_4$
- Разблажена  $H_2SO_4$  (1:1)
- $Na_2CO_3$  п.а.
- $K_2Cr_2O_7$  (сушен 2 сата на  $170^\circ C$ ) за одредјивање фактора 0,1 N раствора Морове соли.

### *Апаратура и прибор*

- Аналитичка вага
- Уређај за грејање (електрични решои)
- Ерленмајер тиквице од 100 ml
- Левци (пречника 5 cm)
- Бирета од 50 ml
- Дисперзета од 10 ml
- Пипета од 10 ml
- Ексикатор (за осушен  $K_2Cr_2O_7$ )

### Припрема узорака:

0,3 g ваздушно сувог земљишта пренесе се у ерленмајер тиквицу од 100 ml и прелије са 10 ml 0,4 N  $K_2Cr_2O_7$ . Тиквица се покрије малим левком, садржај промућка и загрева до врења, те пусти да кључа 5 мин. Скида се са грејне плоче и остави да се охлади. Левци се мало сперу водом. У тиквице се дода по 3 капи индикатора фенилантранилне киселине. Титрира се са 0,1 N раствором Мохрове соли до прелаза боје из вишњево-љубичасте у зелену.

Уз сваку серију узорака постави се и слепа проба. На исти начин се поступа и са слепом пробом.

### Одређивање фактора 0,1 N раствора Морове соли:

Одмери се 0,1471 g осушеног  $K_2Cr_2O_7$  у ерленмајер од 100 ml, дода се мало воде да се раствори, затим се дода 10 ml разблажене  $H_2SO_4$  (1:1), 3 капи индикатора фенилантранилне киселине и титрише се са 0,1 N раствором Морове соли до појаве зелене боје. Фактор се одређује за сваку серију анализа хумуса.

### Израчунавање резултата

1 ml 0,1 N  $K_2Cr_2O_7$  утрошеног за оксидацију одговара 0,0003 g C. Број ml утрошеног 0,1 N  $K_2Cr_2O_7$  добијемо из разлике утрошених ml 0,1 N Морове соли за титрацију следе пробе и утрошених ml 0,1 N Морове соли за титрацију испитиваног узорка.

$$\% C = \frac{(0,0003 \cdot 100) \cdot (V_s - V_n) \cdot F}{q}$$

$$\% C = \frac{0,03 \cdot F \cdot (V_s - V_n)}{q}$$

$$\% \text{ Хумуса} = 1,724 \cdot \% C$$

$$\% \text{ Хумуса} = \frac{0,03 \cdot 1,724 \cdot F \cdot (V_s - V_n)}{q}$$

Vs - број ml 0,1 N Морове соли утрошене за титрацију следеће пробе

Vn - број ml 0,1 N Морове соли утрошене за титрацију испитиваног узорка

q - одвага узорка у g (0,3)

F - 30 : A

A - утрошак 0,1 N Морове соли добијен титрацијом 0,1471 g осушеног  $K_2Cr_2O_7$  за одређивање фактора Морове соли.

При титрацији прелаз вишња-љубичасте боје у зелену наступа од једне у вишку додате капи Морове соли и веома је оштар.

#### 4.8.1. Класификација земљишта

На основу садржаја хумуса земљиште се може сврстати у неколико категорија (према Šerger-Šahtšabel-u):

| Ознака хумозности | Садржај хумуса у % |
|-------------------|--------------------|
|-------------------|--------------------|

|               |           |
|---------------|-----------|
| Слабо хумозно | мање од 2 |
|---------------|-----------|

|                 |     |
|-----------------|-----|
| Умерено хумозно | 2-4 |
|-----------------|-----|

|              |      |
|--------------|------|
| Јако хумозно | 4-10 |
|--------------|------|

|                   |       |
|-------------------|-------|
| Врло јако хумозно | 10-15 |
|-------------------|-------|

|          |       |
|----------|-------|
| Мочварно | 15-30 |
|----------|-------|

|          |            |
|----------|------------|
| Тресетно | више од 30 |
|----------|------------|

по Грачанину:

|                    |            |
|--------------------|------------|
| Врло слабо хумозно | <1% хумуса |
|--------------------|------------|

|               |      |
|---------------|------|
| Слабо хумозно | 1-3% |
|---------------|------|

|               |      |
|---------------|------|
| Доста хумозно | 3-5% |
|---------------|------|

|              |       |
|--------------|-------|
| Јако хумозно | 5-10% |
|--------------|-------|

|                   |      |
|-------------------|------|
| Врло јако хумозно | >10% |
|-------------------|------|

***Задаци за вежбу:***

Описати ток вежбе, приказати израчунавање резултата, уписати резултате и дати њихов коментар

Тип земљишта:

Садржај хумуса (%):

Класа земљишта према садржају хумуса:

## 4.9. ОДРЕЂИВАЊЕ ПРИСТУПАЧНОГ МАГНЕЗИЈУМА У ЗЕМЉИШТУ ПО МЕТОДИ Schachtschabel-a

### Принцип методе:

Магнезијум (Mg) из узорка земљишта се екстрахује са 0,025 N CaCl<sub>2</sub>, па се у добијеном филтрату концентрација Mg одређује атомском апсорпционом спектрофотометријом.

### Реагенси:

- 0,025 N CaCl<sub>2</sub>. Растворити 5,5 g CaCl<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O или 3,7 g CaCl<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O у одмерни суд од 2 l и допунити до дестилованом водом до коначне запремине од 2 l.
- Основни стандардни раствор Mg концентрације 1000 mg l<sup>-1</sup>.
- Радни стандардни раствор концентрације 30 mg Mg l<sup>-1</sup>. Од основног стандардног раствора одпипетира се 3 cm<sup>3</sup> у домерни суд од 100 cm<sup>3</sup> и допуни дестилованом довом до ознаке.
- Серија стандардних раствора. У одмерне балоне од 100 cm<sup>3</sup> пипетирати радни стандардни раствор Mg у следећим запреминама: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 и 10 cm<sup>3</sup> и допунити дестилованом водом до 100 cm<sup>3</sup>. Концентрација Mg у припремљеним растворима износи: 0,3; 0,6; 0,9; 1,2; 1,5; 1,8; 2,1; 2,4; 2,7 и 3,0 mg Mg l<sup>-1</sup>.

### Ток анализе:

Одмерити 5 g ваздушно сувог земљишта у пластичне боце од 250 cm<sup>3</sup>. У боце са земљиштем додати 50 cm<sup>3</sup> 0,025 N CaCl<sub>2</sub>, ставити на ротациону мућкалицу и мућкати 2h. Након тога садржај из боце филтрирати кроз густе филтер папир. Од добијеног бистрог филтрата аликуот од 2 cm<sup>3</sup> пренети у одмерни суд од 100 cm<sup>3</sup> и допунити дестилованом водом до запремине од 100 cm<sup>3</sup>. Из тако разблаженог раствора Mg се мери на атомском апсорпционом спектрофотометру (AAC), а као слепа проба се користи профилтрирани раствор 0,025 N CaCl<sub>2</sub>.

### Израчунавање:

За израчунавање садржаја Mg у испитиваним земљиштима, на основу вредности измерене апсорбанце серије стандарда, конструише се калибрациона крива. На апсцису наноси се садржај магнезијума. На ординату се наносе вредности апсорбанце. У пресеку ових вредности налазе се тачке које повезане дају калибрациону криву. Са калибрационе криве се читава садржај лакоприступачног магнезијума у mg Mg l<sup>-1</sup>.

Садржај Mg у земљишту (mg 100g<sup>-1</sup>) = (концентрација Mg прочитана на AAC x 10 x 50)/10

### 4.9.1. Класификација земљишта према садржају приступачног магнезијума

**Табела 16.** Граничне вредности обезбеђености земљишта магнезијумом и препорука за ђубрење (Grupe, 1970)



| Ниво обезбеђености | Земљиште (mg Mg/100g) |         |       | Препорука за ђубрење (kg MgO /ha) |
|--------------------|-----------------------|---------|-------|-----------------------------------|
|                    | Песак                 | Иловача | Глина |                                   |
| Низак              | <6                    | <8      | <10   | >35                               |
| Средњи             | 8-10                  | 8-15    | 10-18 | < 35                              |
| Висок              | >10                   | >15     | >18   | -                                 |

### ***Задаци за вежбу:***

Описати ток вежбе, приказати израчунавање резултата, уписати резултате и дати њихов коментар

Тип земљишта:

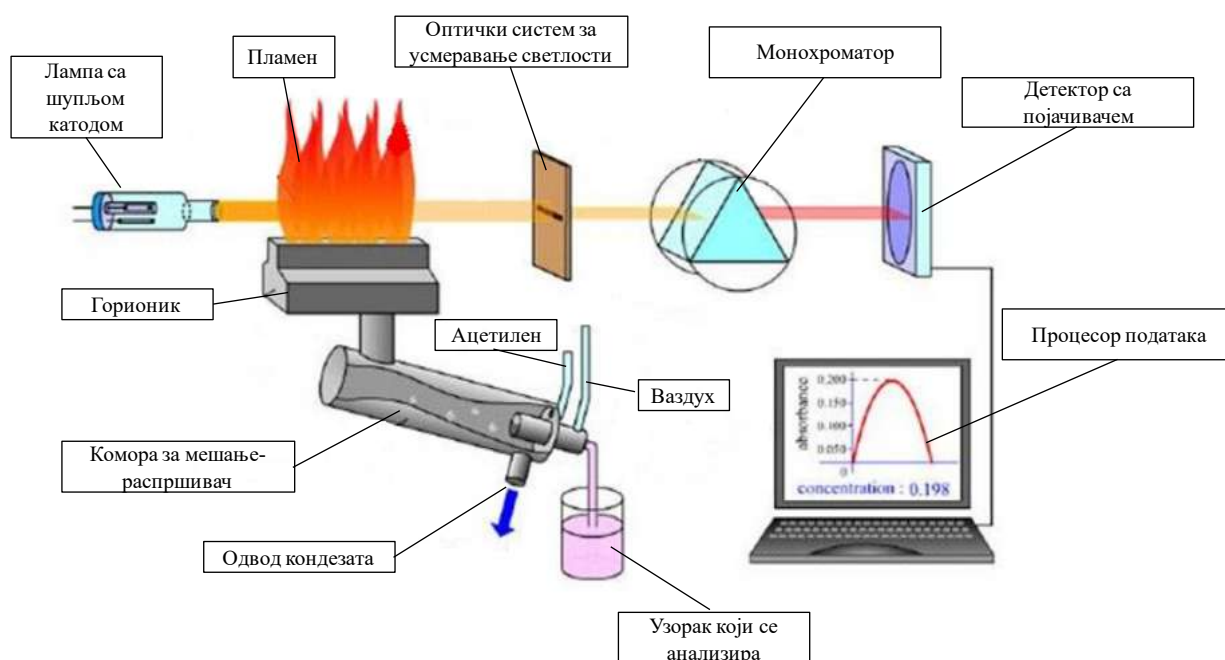
Садржај магнезијума (%):

Класа земљишта према садржају приступачног магнезијума:

## 4.10. ОСНОВНИ ПРИНЦИПИ АТОМСКЕ АПСОРПЦИОНЕ СПЕКТРОФОТОМЕТРИЈЕ

Основни принцип атомске апсорпционе спектrophотометрије заснива се на способности да када се раствор који садржи јоне метала распши у пламену помоћу струје оксидационог средства (ваздух), мешањем са редукционим средством (ацетилен) мешавина се пали у пламену високе температуре (2100 до 2800°C), атоми хемијских елемената се редукују до атомског стања и апсорбују зрачење (радијацију) тачно одређене и специфичне таласне дужине за хемијски елемент.

Светлосни сноп из лампе чија катода је начињена од елемената који се одређује пролази кроз пламен до монохроматора и детектора. Слободни атоми, у непобуђеном стању, апсорбују светлост карактеристичне таласне дужине. Смањење енергије зрачења таласне дужине која се мери пропорционално је количини тог елемента у узорку. Основни делови атомског апсорпционог спектrophотометра (ААС) приказани су на слици 27.



Слика 27. Шема атомског апсорпционог спектофотометра (Skoog, West & Holler, 1999)

Принцип рада ААС-а састоји се у томе да се раствор испитиваног елемента уведе у пламен у виду финих честица (аеросола), за шта се користи ваздух под притиском. Као гориво за добијање пламена користи се смеша гасова ацетилен-ваздух (температура пламена 2200-2300°C) или ацетилен-азотсубоксид (температура пламена 2750°C) приликом анализе елемената који се тешко доводе у атомско стање. Након достпевања у пламен, на високим температурама долази до атомизације, односно ослобађања атома из једењења која граде са другим атомима, и њихово превођење у слободно стање у коме су способни да апсорбују зрачење карактеристичне таласне дужине за дати елемент. Истовремено лампа са шупљом катодом која је направљена од елемената чији се садржај мери емитује електромагнетно зрачење чија је таласна дужина једнака оној коју апсорбују атоми узорка. Светлост

карактеристичне таласне дужине коју емитује лампа пролази кроз пламен, у коме се налазе атоми у побуђеном стању и који апсорбују део светлости. Део светлости који прође кроз пламен преко оптичког система долази до монохроматора где се издваја и пропушта светлост карактеристичне таласне дужине за елемент који се анализира. Из монохроматора, светлост доспева до фотодетектора где се светлост претвара у електрични сигнал која омогућава мерења апсорпције. При проласку светлости кроз пламен, као резултат апсорпције дела светлости од страна атоме, долази до смеђења интензитета светлости, при чему је смањење интензитета пропорционално, односно оптичкој густини пламена. Оптичка густина преставља логаритам односа интензитета упадне светлости (пре проласка кроз пламен) према интензитету пропуштене светлости (после проласка кроз пламен) (једначина испод).

$$D = \log I_0 / I_p$$

Где је:

D – оптичка густина пламена

$I_0$  – интензитет упадне светлости

$I_p$  – интензитет пропуштене светлости

Према Lambert-Beer-овом оптичка густина пламена (апсорпционог слоја) пропорционална концентрацији елемената који из раствора долази у пламен, при одговарајућој таласној дужини апсорпције (једначина испод).

$$D = 0,43 * k * c * l$$

Где је:

D – оптичка густина пламена

k – коефицијент апсорпције, који зависи од таласне дужине светлости

c – концентрација елемента који се одређује

l – дужина слоја раствора који апсорбује светлост

Приликом одређивања непознате концентрације испитиваног елемента у раствору, прво се читава апсорпција за серије стандардних раствора испитиваног елемента (раствори познате концентрацијом). На основу вредности читања апсорбанце за серију стандардних раствора конструише се калибрациона крива која описује зависност између концентрације раствора и вредности читања апсорбанце на ААС-у.



**Слика 28.** Атомски апсорпциони спектрофотометар SHIMADZU AA-6300

#### 4.11. ОДРЕЂИВАЊЕ УКУПНОГ (ПСЕУДОУКУПНОГ) САДРЖАЈА МИКРОЕЛЕМЕНАТА (Fe, Mn, Zn и Cu) У ЗЕМЉИШТУ МЕТОДОМ АТОМСКЕ АПСОРПЦИОНЕ СПЕКТРОФОТОМЕТРИЈЕ

Микроелементи се у земљишту налазе у облицима различите растворљивости и приступачности гајеним биљкама. У циљу одређивања садржаја микроелемената у земљишту, неопходно је превести различите облике микроелемената из земљишта у раствор, у коме се одређује њихова концентрација. Превођење микроелемената из органског комплекса и минералних састојака земљишта у растворљиве соли врши се на више начина. Један од начина је третирање земљишта са мешом хлороводоничне киселине и азотне киселине (царска вода) којим се из земљишта у раствор преводе водорастворљиви облици метала, метали адсорбовани на колоидима, метали везани за органску материју земљишта, као и метали који се налазе у облику једињења као што су карбонати, фосфоти, оксиди и сулфиде. Међутим овом методом у раствор се не преводе метали који се налазе у кристалној решетки силиката, па из тог разлога резултати анализе представља псеудоукупан садржај микроелемената у земљишту. У зависности од елемента, на овај начин се екстрахује најчешће од 70 до 100% од укупног садржаја.

##### *Принцип методе*

Гвожђе, цинк, манган и бакар који се налазе у земљишту се деловањем царске воде (меша азотне и хлороводоничне киселине) преводе у раствор. Након филтације, концентрација наведених елемената се одређује атомском апсорпционом спектрофотометријом.

### Реагенси

- Концентрирана хлороводонична киселина (HCl)
- Концентрирана азотна киселина (HNO<sub>3</sub>)
- 2 M HNO<sub>3</sub>
- Основни стандардни раствори за гвожђе, манган, бакар и цинк (концентрације 1g Fe/l, 1 g Mn/l, 1 g Cu/l, 1 g Zn/l)
- Радни стандардни раствори

У нормални суд од 100 cm<sup>3</sup> унети:

- 5 cm<sup>3</sup> полазног стандарда за цинк
- 5 cm<sup>3</sup> полазног стандарда за бакар
- 10 cm<sup>3</sup> полазног стандарда за манган
- 10 cm<sup>3</sup> полазног стандарда за гвожђе

Суд допунити дестилованом водом до марке. Од разблажених полазних стандарда у нормалне судове од 100 cm<sup>3</sup>, према табли 17 унети следећи број cm<sup>3</sup> и судове допунити водом до марке.

**Табела 17.** Потребне количине радних стандарних раствора (cm<sup>3</sup>) за припремање серије стандардних раствора

| Број стандарда | Zn              |                    | Cu              |                    | Mn              |                    | Fe              |                    |
|----------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--------------------|
|                | cm <sup>3</sup> | mg l <sup>-1</sup> | cm <sup>3</sup> | mg l <sup>-1</sup> | cm <sup>3</sup> | mg l <sup>-1</sup> | cm <sup>3</sup> | mg l <sup>-1</sup> |
| 1              | 0,2             | 1,0                | 0,2             | 1,0                | 0,50            | 5,0                | 0,50            | 5,0                |
| 2              | 0,6             | 3,0                | 0,6             | 3,0                | 1,0             | 10,0               | 1,0             | 10,0               |
| 3              | 1               | 5,0                | 1               | 5,0                | 2,0             | 20,0               | 2,0             | 20,0               |
| 4              | 2               | 10,0               | 2               | 10,0               | 4,0             | 40,0               | 4,0             | 40,0               |
| 5              | 3,0             | 15,0               | 3,0             | 15,0               | 6,0             | 60,0               | 6,0             | 60,0               |
| 6              | 4,0             | 20,0               | 4,0             | 20,0               | 8,0             | 80,0               | 8,0             | 80,0               |

### Апаратура и прибор

- Атомски апсорпциони спектрофотометар
- Лабораторијска чаша (висока од 150 cm<sup>3</sup>)
- Сахатно стакло
- Стаклени штапић

- Левак за филтрацију
- Нормални суд од  $100\text{ cm}^3$
- Мензуре или пипетори
- Решо

### Поступак

Одмери се 1 g земљишта у ерленмајер од  $100\text{ cm}^3$ , дода 2-3  $\text{cm}^3$  дестиловане воде и добро промеша. Након тога додаје се 7,5  $\text{cm}^3$  концентроване HCl и 2,5  $\text{cm}^3$  концентроване  $\text{HNO}_3$ . Цео поступак се обавља у дигестору. Поклопи се сахатним стаклом и остави на собној температуре преко ноћи (12 сати). Након тога, судови се поклопе стакленим левком и загревају на решоу до тихог кључања током најмање 2 сата. Судови се охладе и спере левак (од горе и са стране) са око 30  $\text{cm}^3$  дестиловане воде. Филтрира се раствор кроз кисело опорни филтер папир у нормални суд од  $100\text{ cm}^3$ . Филтер папир се испере 5 пута са 2 М азотном киселином која је претходно загрејана на  $20^\circ\text{C}$ . После хлађења нормални судови се допуне до марке са дестилованом водом. Истим поступком се припрема слепа проба.

Према упутству се подеси апарат (атомски апсорпциони спектрофотометар) за рад.

На основу читавање апсорбансе серије стандарда конструише се калибрациона крива. Упоредјујући апсорбансу узорака са апсорбансом стандарда помоћу калибрационе криве одређује се концентрација анализираног елемента у земљишту.

### Израчунавање

Концентрација микроелемената у земљишту изражава се у  $\text{mg kg}^{-1}$ , односно ppm. Како је однос земљиште / екстракционо средство 1:100, концентрација микроелемента у земљишту се добија директним читавањем појединих микроелемента на атомском апсорпционом спектрофотометру и помножи са 100, како би се резултати изразили у  $\text{mg kg}^{-1}$ .

$$\text{mg (Zn, Cu, Mn, Fe) } 1\text{ kg}^{-1}\text{ земљишта} = \frac{\text{концентрација прочитана са калибрационе криве (mg l}^{-1}\text{)} \times 100}{100}$$

У случају читања апсорбансе разблаженог екстракта за израчунавање концентрације траженог елемента, горњи израз се помножити са разблажењем (број милилитара суда у којем се врши разблаживање, подељен са бројем милилитара узетог екстракта).

## 4.12. ОДРЕЂИВАЊЕ ПРИСТУПАЧНОХ ОБЛИКА МИКРОЕЛЕМЕНАТА (Fe, Mn, Cu и Zn) У ЗЕМЉИШТУ НАКОН ЕКСТРАКЦИЈЕ ДТРА РАСТВОРОМ

Метода се углавном користи за процену обезбеђености земљишта приступачним облицима бакра, гвожђа, магнана и цинка. Екстракционо средство, диетилентриаминпентасирћетне киселина (ДТРА) је погодно за екстракцију приступачних облика микроелемента из земљишта који се одликују неутралном и алкалном реакцијом.

### *Принцип методе*

Из узорака земљишта микроелементи се екстрахују се на температури од 20 °C, под одређеним условима мућкања и при односу земљиште-екстракциони раствор од 1:2 (m/V). Екстракциони раствор (pH = 7,3) се састоји од триетаноламина (0,1 mol l<sup>-1</sup>), калцијум-хлорида (0,01 mol l<sup>-1</sup>) и диетилентриаминпентасирћетне киселине (ДТРА, 0,005 mol l<sup>-1</sup>).

### *Реагенси*

- Триетаноламин (ТЕА), C<sub>6</sub>H<sub>15</sub>NO<sub>3</sub>.
- Диетилентриаминпентасирћетна киселина (ДТРА), C<sub>14</sub>H<sub>23</sub>N<sub>3</sub>O<sub>10</sub>.
- Калцијум-хлорид дихидрат, CaCl<sub>2</sub> × 2H<sub>2</sub>O.
- Хлороводонична киселина, HCl, 6 mol l<sup>-1</sup>.
- Раствор за екстракцију, C<sub>ТЕА</sub> = 0,1 mol l<sup>-1</sup>, C<sub>CaCl<sub>2</sub></sub> = 0,01 l<sup>-1</sup>, C<sub>ДТРА</sub> = 0,005 mol l<sup>-1</sup>.
- Основни стандардни раствори за Zn, Cu, Mn и Fe.
  - за цинк концентрација износи 1 g Zn у литар раствора
  - за бакар концентрација износи 1 g Cu у литар раствора
  - за манган концентрација износи 1 g Mn у литар раствора
  - за гвожђе концентрација износи 1 g Fe у литар раствора
- Радни стандардни раствори
  - У нормални суд од 100 cm<sup>3</sup> унети:
    - 1 cm<sup>3</sup> полазног стандарда за цинк
    - 1 cm<sup>3</sup> полазног стандарда за бакар
    - 1 cm<sup>3</sup> полазног стандарда за манган
    - 1 cm<sup>3</sup> полазног стандарда за гвожђе

Након додавања полазног стандарда, нормални суд допунити дестилованом водом до ознаке 100 cm<sup>3</sup>. Од радних стандардних раствора у нормалне судове од 100 cm<sup>3</sup>, према табли 18 унети следећи број cm<sup>3</sup> и судове допунити водом до марке.

**Табела 18.** Потребне количине радних стандарних раствора ( $\text{cm}^3$ ) за припремање серије стандардних раствора

| Број стандарда | Zn            |                    | Cu            |                    | Mn            |                    | Fe            |                    |
|----------------|---------------|--------------------|---------------|--------------------|---------------|--------------------|---------------|--------------------|
|                | $\text{cm}^3$ | $\text{mg l}^{-1}$ | $\text{cm}^3$ | $\text{mg l}^{-1}$ | $\text{cm}^3$ | $\text{mg l}^{-1}$ | $\text{cm}^3$ | $\text{mg l}^{-1}$ |
| 1              | 0,10          | 0,1                | 0,10          | 0,1                | 0,5           | 0,5                | 0,5           | 0,5                |
| 2              | 0,50          | 0,5                | 0,50          | 0,5                | 1,0           | 1,0                | 1,0           | 1,0                |
| 3              | 1,0           | 1,0                | 1,0           | 1,0                | 2,0           | 2,0                | 2,0           | 2,0                |
| 4              | 2,0           | 2,0                | 2,0           | 2,0                | 4,0           | 4,0                | 4,0           | 4,0                |
| 5              | 3,0           | 3,0                | 3,0           | 3,0                | 6,0           | 6,0                | 6,0           | 6,0                |
| 6              | 5,0           | 5,0                | 5,0           | 5,0                | 8,0           | 8,0                | 8,0           | 8,0                |

### *Апаратура и прибор*

- Посуде запремине 100 ml, које могу да се затворе.
- Ротациона мућкалица, са брзином ротације  $(30 \pm 3)$  обрт./мин, постављена у просторији температуре  $20\text{ }^\circ\text{C} \pm 2\text{ }^\circ\text{C}$ .
- Центрифуга.
- Епрувета за центрифугирање.
- Полиетиленске боце, које могу да се затворе херметички.
- Мембрански филтри, величине отвора  $0,45\text{ }\mu\text{m}$ , без елемената у траговима који се одређују.
- рН-метар.
- Пластична спатула.
- Пипета или аутоматски пипетор којим може да се испусти 20 ml.

### *Поступак*

У чашу се унесу следеће количине реагенса: 14,92 g ТЕА, 1,967 g ДТРА и 1,470 g калцијум-хлорид дихидрата. Дода се вода и меша док се потпуно не растворе све соли. Раствор се разблажи водом, допуни приближно до 800 ml. Подеси се вредност рН на  $7,3 \pm 0,2$  помоћу хлороводоничне киселине ( $\text{HCl}$ ,  $6\text{ mol l}^{-1}$ ). Пренесе се (квантитативно) у одмерни балон од 1000 ml, допуни до 1 000 ml и хомогенизује. Раствор за екстракцију се чува на  $20\text{ }^\circ\text{C} \pm 2\text{ }^\circ\text{C}$ .

Помоћу пластичне спатуле, одмери се 10,00 g узорка земљишта (апсолутно суво земљиште, просејано кроз сито 2 mm) и пренесе у посуду од 100 ml. Дода се 20,0 ml раствора за екстракцију помоћу пипете или аутоматског пипетора. Посуда се затвори херметички и мућка 2 h на  $20\text{ }^\circ\text{C} \pm 2\text{ }^\circ\text{C}$  помоћу мућкалице. Затим се одлије у епрувету за центрифугу и центрифугира при 3 000 g током 10 минута. Течност изнад талога се профилтрира. Екстракт се сакупи после одвајања фаза у полиетиленску боцу и анализира у периоду од 48 h.



Екстракција следеће пробе се изводи са сваком посебном серијом анализа, применом истог поступка, али без узорка земљишта.

### Израчунавање

Концентрација приступачних облика микроелемената у земљишту изражава се у  $\text{mg kg}^{-1}$ , односно ppm. Како је однос земљиште / екстракционо средство 1:2, 1 ml екстракта еквивалентан је 0,5 g земљишта. Концентрација екстракта земљишта која се добија директним читавањем појединог микроелемента на атомском апсорпционом спектрофотометру се помножи са 2, како би се резултати изразили у  $\text{mg kg}^{-1}$ .

$$\text{mg (Zn, Cu, Mn, Fe) у (један) 1 kg земљишта} = \text{концентрација елемента (mg l}^{-1}\text{) } \times 2$$

У случају читања декадне апсорбансе разблаженог екстракта за изналажење садржаја траженог елемента, горњи израз се помножити са разблажењем (број милилитара суда у којем се врши разблаживање, подељен са бројем милилитара узетог екстракта).

#### 4.12.1.Класификација земљишта

**Табела 19.** Граничне вредности концентрације приступачних облика микроелемената у земљишту (Lindsay, W.L. & Norvell, W.A., 1978)

| Обезбеђеност земљишта | Fe ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) | Mn ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) | Cu ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) | Zn ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) |
|-----------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Ниска                 | < 2,5                      | < 0,66                     | < 0,60                     | < 0,70                     |
| Средња                | 2,5-5,0                    | 0,67-1,0                   | 0,60-2,0                   | 0,70-0,1,50                |
| Висока                | >5,0                       | >1,0                       | <2,0                       | >1,50                      |

### Задаци за вежбу

Описати ток вежбе, приказати израчунавање резултата, уписати резултате и дати њихов коментар

Тип земљишта:

Садржај микроелемената (%):

Класа земљишта према садржају микроелемената<sub>3</sub>:

## 4.13. ОДРЕЂИВАЊЕ ПРИСТУПАЧНИХ ОБЛИКА МИКРОЕЛЕМЕНАТА (Fe, Mn, Cu и Zn) У ЗЕМЉИШТУ НАКОН ЕКСТРАКЦИЈЕ EDTA РАСТВОРОМ

### *Принцип методе*

Метода се заснива на екстракцији микроелемената (Fe, Mn, Zn и Cu) из испитиваног земљишта у помоћу раствора етилендиамин-тетрасирћетне киселине (EDTA). Из раствора се концентрација микроелемената одређује методом атомске апсорпционе спектрофотометрије.

### *Реагенси*

- Раствор за екстракцију: Измери се и унесе у нормални суд од 1 литар: 18,61 g Na<sub>2</sub>EDTA 2H<sub>2</sub>O и 7,456 g KCl. Додаје се дестилована вода до запремине око 950 cm<sup>3</sup>. Подеси се рН на 6,2 помоћу NaOH или HCl и допуни се дестилованом водом до марке.
- Стандарди
- Основни стандардни раствори:
  - за цинк концентрација износи 1 g Zn у литар раствора
  - за бакар концентрација износи 1 g Cu у литар раствора
  - за манган концентрација износи 1 g Mn у литар раствора
  - за гвожђе концентрација износи 1 g Fe у литар раствора
- Радни стандардни раствори
  - У нормални суд од 100 cm<sup>3</sup> унети:
    - 5 cm<sup>3</sup> полазног стандарда за цинк
    - 5 cm<sup>3</sup> полазног стандарда за бакар
    - 10 cm<sup>3</sup> полазног стандарда за манган
    - 15 cm<sup>3</sup> полазног стандарда за гвожђе

Суд допунити дестилованом водом до марке. Од разблажених полазних стандарда у нормалне судове од 100 cm<sup>3</sup>, према табли 20 унети следећи број cm<sup>3</sup> и судове допунити водом до марке.

**Табела 20.** Потребне количине радних стандарних раствора ( $\text{cm}^3$ )  
за припремање серије стандардних раствора

| Број<br>стандарда | Zn            |                    | Cu            |                    | Mn            |                    | Fe            |                    |
|-------------------|---------------|--------------------|---------------|--------------------|---------------|--------------------|---------------|--------------------|
|                   | $\text{cm}^3$ | $\text{mg l}^{-1}$ | $\text{cm}^3$ | $\text{mg l}^{-1}$ | $\text{cm}^3$ | $\text{mg l}^{-1}$ | $\text{cm}^3$ | $\text{mg l}^{-1}$ |
| 1                 | 0,2           | 1,0                | 0,2           | 1,0                | 0,50          | 5,0                | 0,50          | 5,0                |
| 2                 | 0,6           | 3,0                | 0,6           | 3,0                | 1,0           | 10,0               | 1,0           | 10,0               |
| 3                 | 1             | 5,0                | 1             | 5,0                | 2,0           | 20,0               | 2,0           | 20,0               |
| 4                 | 2             | 10,0               | 2             | 10,0               | 4,0           | 40,0               | 4,0           | 40,0               |
| 5                 | 3,0           | 15,0               | 3,0           | 15,0               | 6,0           | 60,0               | 6,0           | 60,0               |
| 6                 | 4,0           | 20,0               | 4,0           | 20,0               | 8,0           | 80,0               | 8,0           | 80,0               |

### *Апаратура и прибор*

- Техничка вага
- Полиетиленске боце од  $250 \text{ cm}^3$
- Ротациона мућкалица
- Левци за филтрирање
- Сталак за филтрирање
- Филтер папир (плава трака)
- Полиетиленске боце од  $100 \text{ cm}^3$
- Атомски апсорпциони спектрофотометар

### *Поступак*

Одмери се у боцу за мућкање  $25 \text{ g}$  узорка земљишта, додаје се  $50 \text{ cm}^3$  раствора за екстракцију и мућка  $2$  сата. након тога врши се филтрирање екстракта при чему се одбаци прва порција, мутног филтрата. Бистри филтрат хвата се у полиетиленску боцу. Из боце се врши директно читавање на атомском апсорпционом спектрофотометру.

Слепа проба припрема се пропуштањем  $50 \text{ cm}^3$  раствора за екстракцију кроз филтер папир.

### *Израчунавање*

Концентрација приступачних облика микроелемената у земљишту изражава се у  $\text{mg kg}^{-1}$ , односно ppm. Како је однос земљиште / екстракционо средство 1:2,  $1 \text{ ml}$  екстракта еквивалентан је  $0,5 \text{ g}$  земљишта. Концентрацију екстракта земљишта која се добија директним

очитавањем микроелемената на атомском апсорпционом спектрофотометру потребно је помножити са 2, како би се резултати изразили у  $\text{mg kg}^{-1}$ .

$\text{mg (Zn, Cu, Mn, Fe) у (један) 1 kg земљишта} = \text{концентрација елемента (mg l}^{-1}\text{) } \times 2$

У случају читања декадне апсорбансе разблаженог екстракта за изналажење садржаја траженог елемента, горњи израз помножити са разблажењем (број милилитара суда у којем се врши разблаживање, подељен са бројем милилитара узетог екстракта).

#### 4.13.1.Класификација земљишта

**Табела 21** . Граничне вредности концентрације приступачних облика микроелемената у земљишту (Trierweiler, J.F & Lindsay, W.L, 1969)

| Обезбеђеност земљишта | Mn ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) | Cu ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) | Zn ( $\text{mg kg}^{-1}$ ) |
|-----------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Ниска                 | <10                        | <1,0                       | <1,5                       |
| Средња                | 10-40                      | 1,0-3,0                    | 1,5-3,0                    |
| Висока                | >40                        | >3,0                       | >3,0                       |

#### *Задаци за вежбу:*

Описати ток вежбе, приказати израчунавање резултата, уписати резултате и дати њихов коментар.

Тип земљишта:

Садржај микроелемената (%):

Класа земљишта према садржају микроелемената<sub>3</sub>:

## 4.14. ОДРЕЂИВАЊЕ ПРИСТУПАЧНИХ ОБЛИКА БОРА У ЗЕМЉИШТУ

Бор се у земљишту налази у облику разних минерал, органских једињења и адсорбован од стране земљишних колоида. Биљкама је приступачан бор који се у земљишту налази у облику водорастворљивих једињења, као и у облику једињења која се растварају у slabим киселинама. У просеку, водорастворљиви бор представља 3-10% од укупног садржаја бора у земљишту.

### *Принцип методе*

Лакоприступачни бор из земљишта екстрахује се кључалом водом (Berger & Troug, година). Након хлађења филтрат се обрађује уз стварање комплексног обојеног једињења бора са низом органских једињења (куркумин, кармин 1,1% диантримид, азомети Х и др.). Садржај бора се одређује спектрофотометријски.

### *Реагенси*

- 2,5 М раствор калцијум-хлорида (у нормални суд од 1 л сипа се 370 g  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  и допуни суд уз растварање унете соли дестилованом водом)
- Амонијум-персулфат п.а.
- Хидразин-сулфат п.а.
- Борна киселина п.а. ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ )
- Сумпорна киселина ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )
- Раствор 1,1 диантримида (у нормални суд од 1 л сипа се 0,5 g диантримида и допуни суд уз мућкање концентрованом сумпорном киселином специфичне масе  $1,84 \text{ g cm}^{-3}$  до марке).

### *Апаратура и прибор*

- Апсорпциони спектрофотометар
- Сушница
- Решо
- Ерленмајери од 100  $\text{cm}^3$  (кварцни или платински)
- Повратни кондензатор или мали левак
- Левци за филтрирање
- Полиетиленске боце за филтрат
- Нормални судови од 50  $\text{cm}^3$
- Мензуре
- Пипете

### *Припрема стандарда*

Основни стандард који садржи 0,1 mg бора у 1 cm<sup>3</sup> припрема се растварањем 0,5715 g п.а. H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> у нормални суд од 1 l користећи као растварач 0,5 M сумпорну киселину. Припремљен раствор чувати у полиетиленској боци.

Разблажењем основног стандардног раствора припремају се радни стандардни раствори следећих концентрација: 0,4; 0,8; 1,2 µg B у 1 cm<sup>3</sup>. Радне стандарде чувати у полиетиленским боцама.

### *Поступак*

У ерленмајер од 100 cm<sup>3</sup> одмери се 10 g земљишта (5 g тресета), додаје се 20 cm<sup>3</sup> дестиловане воде и ставља се ерленмајер на повратни кондезатор. У случају недостатка кварцних судова и повратних хладњака екстракција се врши у ерленмајеру од јенског стакла, а уместо повратног хладњака стави се мали левак у грло суда.

Ерленмајер се загрева на решоу и пусти да садржај кључа 5 минута. Након тога ерленмајер се скида са решоа и оставља да се охлади. После хлађења, скида се хладњак / левак а ради спречавања пептизације додаје се 2 капи раствора калцијум-хлорида. Филтрацијом се одваја течна фаза у одбацивање прве мутне порције. Филтрат се хвата у полиетиленске боце. По наведеном поступку припрема се и слепа проба.

У нормалне судове од 50 cm<sup>3</sup> уноси се 0,45 g амонијум-персулфата, додаје 2 cm<sup>3</sup> филтрата, 10 cm<sup>3</sup> концентроване H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> и загрева у сушници 1 сат на 100-110° C. По истом поступку припрема се слепа проба и стандардни раствори.

Врућем раствору се додаје преко левка 0,15 g хидразинсулфата и нормални судови се стављају у сушницу још 1 сат. После хлађења додаје се у сваки нормалан суд по 5 cm<sup>3</sup> раствора диантримида. затворени судови се загревају у сушници 5-6 сати на 70° C.

Према упустсву припрема се спектрофотометар за рад. У односу на нулту пробу одређује се декадна апсорбансу слепе пробе, стандарда и узорак на таласној дужини 615 нанометара. На основу измерених апсорбански радних стандардних раствора конструише се калибрациона крива са које се након мерења читавају концентрација бора у узорцима. Вредност добијене коцентрације множи се са 2 како би се израчунала концентрација бора у земљишу, а резултат се изражава у mg B kg<sup>-1</sup> земљишта.

#### 4.14.1.Класификација земљишта према садржају приступачног бора

**Табела 22.** Граничне вредности садржаја приступачног бора у земљишту:

| Обезбеђеност земљишта бором | Садржај приступачног бора у земљишту<br>(mg B kg <sup>-1</sup> ) |
|-----------------------------|------------------------------------------------------------------|
| Ниска обезбеђеност          | <0,3                                                             |
| Средња обезбеђеност         | 0,3-1,0                                                          |
| Висока обезбеђеност         | >1,0                                                             |

#### *Задаци за вежбу*

Описати ток вежбе, приказати израчунавање резултата, уписати резултате и дати њихов коментар

Тип земљишта:

Садржај приступачног бора у земљишту:

Класа земљишта према садржају приступачног бора:

## 5. НЕОРГАНСКА ЂУБРИВА

### 5.1. ДЕФИНИЦИЈА И ПОДЕЛА ЂУБРИВА

За нормалан раст и развој биљака неопходно је 17 хемијских елемената које биљке усвајају у различитим количинама. Неке од ових елемената биљка усваја из ваздуха, док највећи део усваја из земљишта. Како би се остварили оптимални приноси неопходно је да гајене биљке буду обезбеђене са свим неопходним хранљивим елементима. Ђубрива представљају најразличитије материјале који садрже неопходне хранљиве елементе а користе се за исхрану биљака у циљу убрзања њиховог раста и добијања високих и стабилних приноса доброг квалитета. Ђубрива се уносе у земљиште из два разлога, да би се надокнадила изнета количина хранива приносом и отклонио природни недостатак хранљивих елемената.

Као ђубрива се користе најразличитије материје уколико њихова примена нема штетне последице на животну средину и чија је примена економски оправдана. Листа тих материјала је дуга, а њихово порекло и хемијски састав различит. Из тог разлога подела ђубрива је заснована на више критеријума (подела према намени, пореклу, броју хранљивих елемената и др.).

#### Подела ђубрива према намени

- Основна ђубрива: у ову групу спадају ђубрива која садрже хранљиве елементе у облицима који нису приступачни гајеним биљкама одмах након примене, већ се користе за подизање хранидбеног потенцијала земљишта, а хранљиви елементи постепено постају приступачни биљкама тек након њихове трансформације у земљишту. У ову групу ђубрива спадају органска ђубрива, коштано брашно, фосфоритно брашно и др.).
- Допунска ђубрива: садрже хранљиве елементе у лакоприступачном облику и биљка их може усвајати одмах након примене. У ово групу ђубрива спадају минерална NPK ђубрива, која се користе за директну исхрану биљака.

#### Подела ђубрива према пореклу

- Природна ђубрива: представљају различите материјале биљног и животињског порекла који се могу произвести у оквиру пољопривредног газдства. У ову групу спадају разне врсте компоста, органских ђубрива, зеленишних ђубрива и др.
- Индустријска (комерцијална): ђубрива произведена у фабрици.



## Подела према хемијском саставу

- Органска ђубрива: садрже хранљиве елементе у облику различитих органских једињења који могу бити животињског или биљног порекла. Поред хранљивих елемената ђубрива из ове групе садрже и органску материју која има позитиван утицај на физичко-хемијска својства земљишта.
- Неорганска-минерална ђубрива: садрже хранљиве елементе у минералном облику, углавном у облику соли, и могу бити природна (нека клијумова ђубрива) или индустријска-синтетичка (амонијум-нитрат, моноамонијум-фосфат и др.).

## Подела према броју хранљивих елемената

- Јединачна: садрже само један хранљиви елемент (N, P или K)
- Сложена: садрже више хранљивих елемената а према технолошком процесу производње се даље деле на:
  - Мешана (NP, NK, PK и NPK) ђубрива настају физичким мешањем јединачних ђубрива у одређеном односу при чему не долази до хемијских реакција између појединих компоненти ђубрива. Код ове врсте ђубрива сваки хранљиви елемент налази се у виду засебне грануле ђубрива.
  - Комплексна (NP, NK, PK и NPK) ђубрива се производе од сировина које садрже хранљиве елементе при чему током процеса производње долази до хемијских реакција где настају нова једињења која садрже хранљиве елементе у другачијем облику у односу на полазне сировине. Код ове врсте ђубрива свака гранула ђубрива садржи све хранљиве елементе.
  - Компактна (NP, NK, PK и NPK) ђубрива настају физичким мешањем јединачних ђубрива без хемијских реакција али за разлику од мешаних ђубрива свака гранула ђубрива садржи све хранљиве елементе.

## Подела према брзини дејства

- Брзоделујућа ђубрива: садрже хранљиве елементе у водорастворљивом облику и имају директно дејство на биљке одмах након примене.
- Спороделујућа ђубрива: садрже хранљиве елементе у облицима који нису директно приступачни гајеним биљкама, већ постепено постају приступачни током дужег временског периода након примене.

## 5.2. НАЈВАЖНИЈЕ ОСОБИНЕ МИНЕРАЛНИХ ЂУБРИВА

### Агрегатно стање

- Чврста
- Флуидна:
- гасовита
- течна:
- прави раствори
- суспензије

### Растворљивост ђубрива

- потпуно раствољива
- делимично растворљива
- нерастворљива

### Грађа ђубрива

- кристална
- аморфна

### Хигроскопност

- нису хигроскопна
- слабо хигроскопна
- јако хигроскопна

### Боја ђубрива

- није специфична особина

### Мирис

- специфична особина неких ђубрива ( $\text{CaCN}_2 + \text{C}$  има мирис ацетилена, амонијачна ђубрива мирис амонијака)

### Понашање у пламену

- не трпе промене у пламену (сва фосфорна ђубрива и калцијум цијанамид)
- плану и сагоре (нитратна и амонијачно нитратна)
- топе се и диме (амонијачна ђубрива и уреа)
- без промене у пламену или пуккетају (калијумове соли)

### Реакција воденог раствора ђубрива:

- неутрална
- алкална
- кисела
- Код ђубрива треба разликовати хемијску реакцију (реакција воденог раствора ђубрива) од физиолошке реакције ђубрива (реакција земљишта након примене ђубрива)

### Задаци за вежбу:

1. Одредити најважније особине појединачних N, P и K ђубрива приказаних у табели 23.
2. Набројати најважније особине минералних ђубрива и објаснити разлику између растворљивости ђубрива и растворљивости активне материје.
3. На примеру  $\text{NaNO}_3$  и  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  објаснити разлику између хемијске и физиолошке реакције ђубрива.

**Табела 23.** Најважније особине минералних ђубрива

| Р. број | Назив ђубрива                | Хемијска формула                                                                                          | Грађа ђубрива | Хигроск. | Боја | Мирис | Понашање у пламену | Растворљивост | Реакција (рН вредност) |
|---------|------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|----------|------|-------|--------------------|---------------|------------------------|
| 1.      | Калцијум нитрат              | $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$                                                                                |               |          |      |       |                    |               |                        |
| 2.      | Амонијум сулфат              | $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$                                                                              |               |          |      |       |                    |               |                        |
| 3.      | Натријум нитрат              | $\text{NaNO}_3$                                                                                           |               |          |      |       |                    |               |                        |
| 4.      | Амонијум нитрат (АН)         | $\text{NH}_4\text{NO}_3$                                                                                  |               |          |      |       |                    |               |                        |
| 5.      | Калцијум цијанамид           | $\text{CaCN}_2 + \text{C}$                                                                                |               |          |      |       |                    |               |                        |
| 6.      | Уреа                         | $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$                                                                                |               |          |      |       |                    |               |                        |
| 7.      | Кречни амонијум нитрат (КАН) | $\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{CaCO}_3$                                                                  |               |          |      |       |                    |               |                        |
| 8.      | Монокалцијум фосфат          | $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot x\text{H}_2\text{O} + 2\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ |               |          |      |       |                    |               |                        |
| 9.      | Дикалцијум фосфат            | $\text{CaHPO}_4$                                                                                          |               |          |      |       |                    |               |                        |
| 10.     | Трикалцијум фосфат           | $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$                                                                              |               |          |      |       |                    |               |                        |
| 11.     | Калијумова со                | $\text{K}_2\text{SO}_4$                                                                                   |               |          |      |       |                    |               |                        |
| 12.     | Калијум хлорид               | $\text{KCl}$                                                                                              |               |          |      |       |                    |               |                        |
| 13.     | Калијум сулфат               | $\text{K}_2\text{SO}_4$                                                                                   |               |          |      |       |                    |               |                        |
| 14.     | Калијум нитрат               | $\text{KNO}_3$                                                                                            |               |          |      |       |                    |               |                        |

## 5.3. НАЈВАЖНИЈА ПОЈЕДИНАЧНА МИНЕРАЛНА ЂУБРИВА

### 5.3.1. Најважнија појединачна азотна ђубрива

Табела 24. Најважнија појединачна азотна ђубрива

| Азотна ђубрива               |                                 | Назив                  | Хемијска формула                                                                                                                 | Садржај активне материје (% N)          |
|------------------------------|---------------------------------|------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| Флуидна                      | гасовита                        | анхидровани аминијак   | $\text{NH}_3$                                                                                                                    | 82                                      |
|                              | течна                           | амојачне воде          | $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$                                                                                               | 20-25                                   |
|                              |                                 | амонијакати            | $(\text{NH}_4 + \text{NH}_3) \times \text{H}_2\text{O}$ ili $(\text{CO}(\text{NH}_2)_2 + \text{NH}_3 \times \text{H}_2\text{O})$ | 54                                      |
| Чврста                       | нитратна                        | чилска шалитра         | $\text{NaNO}_3$                                                                                                                  | 15,7                                    |
|                              |                                 | синтетичка Na-шалитра  | $\text{NaNO}_3$                                                                                                                  | 16                                      |
|                              |                                 | калијумова шалитра     | $\text{KNO}_3$                                                                                                                   | 12-14 % N и 44-45% $\text{K}_2\text{O}$ |
|                              |                                 | калцијумова шалитра    | $\text{CaNO}_3$                                                                                                                  | 13-16                                   |
|                              | амонијачна                      | амонијум-сулфат        | $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$                                                                                                     | 20-21                                   |
|                              |                                 | амонијум-хлорид        | $\text{NH}_4\text{Cl}$                                                                                                           | 23-25                                   |
|                              | амонијачно-нитратна             | амонијум нитрат        | $\text{NH}_4\text{NO}_3$                                                                                                         | 33-35                                   |
|                              |                                 | кречни амонијум нитрат | $\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{CaCO}_3$                                                                                         | 27                                      |
|                              | амидна                          | уреа                   | $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$                                                                                                       | 46                                      |
|                              |                                 | калцијум-цијанамид     | $\text{CaCN}_2 + \text{C}$                                                                                                       | 18-22                                   |
| Спорodelујућа азотна ђубрива | Материјали који су носачи азота | амонијум хумати        |                                                                                                                                  |                                         |
|                              |                                 | N лигнин               |                                                                                                                                  |                                         |
|                              |                                 | кондезати урее         |                                                                                                                                  |                                         |
|                              | ђубрива са омотачем             |                        |                                                                                                                                  |                                         |
|                              | инхибитори нитрификације        |                        |                                                                                                                                  |                                         |



**Слика 29.** Појединачна азотна ђубрива (1. Натријум нитрат; 2. Калијум нитрат; 3. Калцијум нитрат; 4. Амонијум-сулфат; 5. Амонијум-хлорид; 6. Амонијум-нитрат; 7. Кречни амонијум-нитрат; 8. Уреа; 9. Калцијум-цијанамид; 10. Амонијум хумат).

### 5.3.2. Најважнија појединачна фосфорна ђубрива

Табела 25. Најважнија појединачна фосфорна ђубрива

| Фосфорна ђубрива                                                                                                                                                                                          |                                                                 | Назив                                        | Хемијска формула                                                                                           | Садржај активне материје (%P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| Ђубрива која садрже фосфор у облику трикалцијум фосфата Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> . (Фосфор из ове групе ђубрива није растворљив у води већ у јаким минералним киселинама)          |                                                                 | Коштана брашна                               | Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> .                                                          | 26-30                                                            |
|                                                                                                                                                                                                           |                                                                 | Коштани угаљ из рафинерије или шећеране      |                                                                                                            | 20-34                                                            |
|                                                                                                                                                                                                           |                                                                 | Коштани пепео                                |                                                                                                            | 29-38                                                            |
|                                                                                                                                                                                                           |                                                                 | Сирови фосфати (фосфорит)                    |                                                                                                            | 11-39                                                            |
|                                                                                                                                                                                                           |                                                                 | Фосфоритно брашно                            |                                                                                                            | 28-30                                                            |
| Дикалцијум фосфат- активна материје је нерастворљива у води, и делимично растворљива у води засићеној угљен диоксидом (CO <sub>2</sub> ), док је потпуно растворљива у алкалном раствору амонијум цитрата |                                                                 | Преципитат. таложни фосфат                   | CaHPO <sub>4</sub>                                                                                         | 30-35                                                            |
| Монокалцијум фосфат- потпуно растворљив у води                                                                                                                                                            |                                                                 | Обичан суперфосфат                           | Ca(H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> ·H <sub>2</sub> O + 2CaSO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O | 14-22                                                            |
|                                                                                                                                                                                                           |                                                                 | Двоструки суперфосфат                        | Ca(H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>                                                           | 35-42                                                            |
|                                                                                                                                                                                                           |                                                                 | Троструки суперфосфат                        | Ca(H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>                                                           | 45-50                                                            |
| Базни фосфати- активна материја растворљива у 2% лимунској киселини.                                                                                                                                      |                                                                 | Томасово брашно                              | Ca <sub>4</sub> P <sub>2</sub> O <sub>9</sub>                                                              | 16-22                                                            |
|                                                                                                                                                                                                           |                                                                 | Термофосфати                                 | Ca <sub>3</sub> Na <sub>2</sub> P <sub>2</sub> O <sub>9</sub>                                              | 18                                                               |
| Полифосфати                                                                                                                                                                                               | На бази метафосфорне -киселине (растворљиви у амонијум цитрату) | Калцијум-метафосфат                          | Ca(PO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>                                                                          | 60-65                                                            |
|                                                                                                                                                                                                           |                                                                 | Калијум-метафосфат                           | K <sub>4</sub> (PO <sub>3</sub> ) <sub>4</sub> ·H <sub>2</sub> O                                           | 60,1 (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )<br>39,9 (K <sub>2</sub> O) |
|                                                                                                                                                                                                           |                                                                 | Амонијум метафосфат                          | NH <sub>4</sub> PO <sub>3</sub>                                                                            | 73 (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )<br>17 (N)                    |
|                                                                                                                                                                                                           | На бази суперфосфорне киселине – растворљиви у води             | Амонијум полифосфати течни и чврсти          |                                                                                                            |                                                                  |
|                                                                                                                                                                                                           |                                                                 | Течна ђубрива на бази суперфосфорне киселине |                                                                                                            |                                                                  |



**Слика 30.** Појединачна фосфорна ђубрива (1. Сирови фосфат; 2. Фосфоритно брашно; 3. Преципитат; 4. Обичан суперфосфат; 5. Троструки суперфосфат; 6. Калијум метафосфат; 7. Амонијум метафосфат; Амонијум полифосфат).



### 5.3.3. Најважнија појединачна калијумова ђубрива

**Табела 26.** Најважнија појединачна калијумова ђубрива

| Калијумова ђубрива                           | Назив                                    | Хемијска формула                                                                            | Садржај активне материје (% K <sub>2</sub> O) |
|----------------------------------------------|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| Природне (сирове) калијумове соли - минерали | Карналит                                 | KCl x MgCl <sub>2</sub> x 6H <sub>2</sub> O                                                 | 9-12                                          |
|                                              | Каинит                                   | KCl x MgSO <sub>4</sub> x 3H <sub>2</sub> O                                                 | 12-15                                         |
|                                              | Силвин                                   | KCl                                                                                         | 63                                            |
|                                              | Силвинит                                 | KCl x NaCl                                                                                  | 17-19                                         |
|                                              | Кизерит                                  | K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>                                                              | 13                                            |
|                                              | Полихалит                                | K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> x 2CaSO <sub>4</sub> x MgSO <sub>4</sub> x 2H <sub>2</sub> O | 10-15                                         |
|                                              | Шенит                                    | K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> x MgSO <sub>4</sub> x 6H <sub>2</sub> O                      | 10-15                                         |
|                                              | Тврда со                                 | KCl x MgSO <sub>4</sub> x NaCl                                                              | 10-15                                         |
| Концентрирана калијумова ђубрива             | Калијум - хлорид                         | KCl                                                                                         | 58-62                                         |
|                                              | Калијум - сулфат                         | K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>                                                              | 48-51                                         |
|                                              | Калијум магнезијум –сулфат (патент-кали) | K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> x MgSO <sub>4</sub> x 6H <sub>2</sub> O                      | 26-30 K <sub>2</sub> O<br>9-12 MgO            |



**Слика 31.** Појединачна калијумова ђубрива (1. Карналит; 2. Каинит; 3. Силвин; 4. Калијум магнезијум –сулфат (Патенткали); 5. Калијум сулфат; 6. Калијум хлорид).

### **Задаци**

1. Које је најконцентрованије чврсто азотно ђубриво, какве је растворљивости, у ком/којем облику је азот и када се примењује?
2. Какава је подела фосфорних ђубрива? Навести за сваку групу по једно ђубриво.
3. Шта су амонијакати и како се обележавају?

## 5.4.УЗОРКОВАЊЕ И ПРИПРЕМАЊЕ УЗОРАКА МИНЕРАЛНИХ ЋУБРИВА ЗА ХЕМИЈСКЕ АНАЛИЗЕ

Приликом узорковања чврстих минералних ђубрива у циљу одређивања физичких и хемијских својстава ђубрива, неопходно је да се испоштују одговарајуће процедуре како би узорак био што репрезентативнији.

### *Прибор за узимање узорака*

Узорци чврстих минералних ђубрива узимају се искључиво сондом за узорковање која мора бити израђена од нерђајућих материјала (Слика 32)



**Слика 32.** Сонда за узорковање минералних ђубрива

### *Време узимања узорака*

Узорци чврстих минералних ђубрива узимају се само у периоду за који је произвођач, односно испоручилац, својом декларацијом гарантовао непроменљивост физичко-хемијских особина ђубрива.

После истека назначеног времена на декларацији произвођача, односно испоручиоца ђубрива, узети узорци не могу се употребити за контролу квалитета или арбитражну анализу.

### *Место узимања узорака*

Узорци ђубрива узимају се:

- Код произвођача, односно испоручиоца, из врећа или транспортних средстава приликом утовара или истовара.
- Код купца, из масе упакованог или ускладиштеног производа
- Уколико се ђубриво увози, узорци се узимају на граничном прелазу а узорковање врши фитосанитарна служба.

### Лица која узимају узорке

Узорке ђубрива могу узимати стручна лица овлашћена од стране произвођача, продавца или купца. Такође, узорке ђубрива узимају и надлежни органи инспекцијске контроле. Сва лица која узимају узорке морају добро познавати све карактеристичне особине ђубрива.

### Величина узорка

#### Ђубриво у врећама

У Табели 27 приказан је број јединица паковања (врећа) из којих се узима узорак у зависности од величине испоруке, као и укупна величина узорка.

**Табела 27.** Узорковање ђубрива у врећама

| Укупна количина<br>упакованог<br>минералног ђубрива<br>(t) | Број упакованих<br>врећа које се<br>издвајају | Број издвојених врећа из<br>којих се сондом узимају<br>узорци | Укупна<br>најмања<br>количина<br>узорка (kg) |
|------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| < 2                                                        | 10 – 40                                       | Из сваке до сваке друге                                       | 6                                            |
| 2 – 5                                                      | 41 – 100                                      | Из сваке друге до сваке 5-те                                  | 8                                            |
| 5 – 15                                                     | 101 – 300                                     | Из сваке 5-те до 10-те                                        | 8-12                                         |
| 15 – 90                                                    | 301 – 1800                                    | Из сваке 10-те до 30-те                                       | 12-24                                        |
| 90 – 270                                                   | 1801 – 5400                                   | Из сваке 30-те до 60-те                                       | 24-36                                        |
| 270 – 600                                                  | 5401 – 12000                                  | Из сваке 60-те до 120-те                                      | 36-40                                        |
| > 600                                                      | >12000                                        | Више од 120                                                   | >40                                          |

## Ћубриво у растерситом стању

У Табели 28 приказане су прописане величине узоракa који се узимају из ѣубрива у растреситом стању (ринфуза), у зависности од величине испоруке.

**Табела 28.** Узорковање ѣубрива у растреситом стању (ринфузу)

| Укупна количина ѣубрива у растреситом стању (t) | Укупна најмања количина узорка (kg) |
|-------------------------------------------------|-------------------------------------|
| 2 – 5                                           | 8                                   |
| 5 – 15                                          | 8-12                                |
| 15 – 90                                         | 12-24                               |
| 90 – 270                                        | 24-36                               |
| 270 – 600                                       | 36-40                               |
| > 600                                           | >40                                 |

### Начин узимања узоракa

#### Узорковање из врећа

Из врећа издвојених према Табели 27 и претходно припремљених за узимање узоракa, узорци се узимају наизменичним увлачењем сонде кроз два суседна угла положене вреће. Све појединачне извучене количине узорка стављају се на чисту и суву подлогу, добро измешају ради хомогенизације, па се моетодом четвртања издвоји просечан (репрезентативан узорак) чија се маса не сме бити мања од 6 kg.

#### Узорковање у расутом стању (ринфузи)

Из масе ѣубрива које се налази у расутом стању узорци се узимају сондом из сва четири угла и средине масе ѣубрива која је смештена у вагону, камиону и другим превозним средствима. Узорци се узимају са површине (10 cm испод површине) масе, из средине масе по дубини, и са дна масе при чему сонда може бити уроњена највише 10 cm изнад од пода.

Сви појединачни узорци стављају се на чисту и суву подлогу (папир, пластичну фолију, подлогу од дасака и сл.), добро се измешају и методом четвртања се издваја просечан (репрезентативан) узорак чија маса не сме бити мања од 6 kg.

### Метод четвртања

Маса појединачно узетих узоракa ѣубрива се добро измеша, затим се проспе на чврсту и равну подлогу у слоју дебљине до 5 cm и направи облик квадрата. Квадрат се затим дијагоналним цртама подели на четири једнака дела. Два супротна дела масе ѣубрива се одбаце, а преостала два дела поново се мешају, просипају, формира се правоугаони облик и претходно описани поступак се понавља све док се не добије узорак од најмање 6 kg. Просечан узорак се затим дели на 3 једнака дела.

## 5.5.ОДРЕЂИВАЊЕ САДРЖАЈА ВЛАГЕ У ЋУБРИВИМА (Гравиметријска метода)

### *Принцип методе*

Овом методом је описан поступак одређивања садржаја влаге у минералним ђубривима мерењем губитка масе узорка ђубрива пре и после сушења на 105° С у трајању од 5h.

### *Апаратура и прибор*

- Стаклена посуда за мерење, са затварачем, пречника 70 mm до 80 mm.
- Ексикатор, унутрашњег пречника око 200 mm, који садржи силикагел као средство за сушење.
- Посуда за упаравање, унутрашњег пречника 100 mm.
- Сушница, са могућношћу регулације температуре на 105 ° С ± 2 ° С.

### *Поступак*

Посуда за мерење (тачка 2.1) се осуши у сушници (2.4) на 105° С у трајању од 2h. Остави се да се охлади у ексикатору до собне температуре. Измери се око 10 g узорка за испитивање са тачношћу 0,001 g, у претходно одмереној посуди.

Отворена посуда (тачка 2.1) у којој је део узорка за испитивање и затварач се ставе у сушницу (тачка 2.4) на 105° С у трајању од 5h. Након тога, посуда за мерење и затварач се пребаци у ексикатор (2.2) који се затвара и остави да се посуда охлади до собне температуре. Ексикатор се отвара, посуда за мерење се брзо затвори и посуда и садржај у њој се измере са тачношћу 0,001g.

### *Израчунавање*

Садржај влаге у ђубриву, изражен у процентима масе, израчунава се формулом:

$$\frac{m_0 - m_1}{m_0} \times 100$$

Где је:

$m_0$  – маса дела узорка за испитивање пре сушења, у грамима;

$m_1$  – маса дела узорка за испитивање после сушења, у грамима.

Као резултат узима се средња вредност најмање два мерења (понављања) истог узорка, заокружена на 0,1% (m/m).

## 5.6.ОДРЕЂИВАЊЕ ГРАНУЛОМЕРТИЈСКОГ САСТАВА ЂУБРИВА МЕТОДОМ ПРОСЕЈАВАЊА

### *Принцип методе*

Величина гранула (честица) узорка ђубрива одређује се сувим просејавањем узорка ђубрива помоћу једног или више лабораторијских сита механичким уређајем за просејавање.

### *Апаратура и прибор*

- Вага са тачношћу мерења 0,1 g
- Лабораторијска сита, тканина од жице нерђајућег челика, пречника 200 mm, поклопцем и прихватном посудом за сита
- Уређај за просејавање, који покреће материјал унутар склопа сита у хоризонталном или вертикалном правцу
- Штоперица
- Мека четка.

### *Припрема узорка за испитивање*

Од узорка ђубрива који се испитује, према Табели 29, одмерити одговарајућу запремину/масу у зависности од претежне фракције гранула.

**Табела 29.** Препоручене количине узорка за испитивање просејавањем

| Пречник отвора (густина сита) | Препоручена запремина пуњења сита (cm <sup>3</sup> )* |
|-------------------------------|-------------------------------------------------------|
| 8,00 mm                       | 500                                                   |
| 5,6 mm                        | 400                                                   |
| 4,0 mm                        | 350                                                   |
| 2,8 mm                        | 240                                                   |
| 2,0 mm                        | 200                                                   |
| 1,4 mm                        | 160                                                   |
| 1,00 mm                       | 140                                                   |
| 710 µm                        | 120                                                   |
| 500 µm                        | 100                                                   |
| 355 µm                        | 80                                                    |
| 250 µm                        | 70                                                    |
| 180 µm                        | 60                                                    |

\*Маса ђубрива које се просејава може се израчунати множењем запремине са насипном густином ђубрива.

### **Поступак**

Одабере се највише седам лабораторијских сита из опсега наведених у Табели 29, тако да покрију очекиване величине честица / гранула. Сита се склопе у растућем реду према величини отвора од дна према врху, почињући од прихватне посуде.

Измери се део узорка за испитивање са тачношћу од 0,1 g, пренесе на врх сита и затвори поклопцем. Склоп сита се постави на механички уређај за просејавање и просејавање се врши у трајању од 10 минута.

Након просејавања, сита се раздвоје из склопа и измери се маса узорка ђубрива која се задржала на сваком сити и у прихvatној посуди, са тачношћу од 0,1 g. Честице које се заглаве у отворима сита могу се уклонити четкањем са доње стране сита.

Испитивање гранулометријског састава ђубрива изводи се у најмање два понављања.



### **Израчунавање**

Гранулометријски састав ђубрива изражава се као процентуални удео различитих фракција (величина гранула) у укупној маси ђубрива.

Процентуални удео одређене фракције израчунава се према обрасцу:

$$A\% = \frac{m_1}{m_0} \times 100\%$$

Где је:

$m_1$  – маса одређене фракције (g).

$m_0$  – укупна маса испитиваног узорка ђубрива (g).

## 5.7.ОДРЕЂИВАЊЕ АМОНИЈАЧНОГ (NH<sub>4</sub>-N) И НИТРАТНОГ (NO<sub>3</sub>-N) АЗОТА У МИНЕРАЛНИМ ЂУБРИВИМА

### *Принцип методе*

Одређивање амонијачног облика азота у азотним ђубривима састоји се у ослобађању амонијака дејством MgO. Ослобођени амонијак везује се са борном киселином, а титрацијом са 0,005 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> одређује се његова количина. Одређивање азота у нитратним ђубривима заснива се на редукцији нитратног азота у амонијак који се везује за борну киселину и даље се одређује титрацијом. Редукција нитратног азота у амонијачни облик врши се у присуству Dewardove легуре и створеног магнезијум-хидроксида.

### *Реагенси*

- Раствор 0,005 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>
- Раствор борне киселине (H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>) са индикатором
- Жерени магнезијум оксид (MgO) у праху
- Dewardova легура

### *Апаратура и прибор*

- Апарат за дестилацију (по Bremneru)
- Ерленмајер тиквице од 50 cm<sup>3</sup>
- Пипета од 5 cm<sup>3</sup>
- Бирета од 10 cm<sup>3</sup> и 25 cm<sup>3</sup>
- Стаклена боца од 1 L
- Дестилациона колба

### *Ток анализе*

#### Растварање ђубрива

Одмери се 1 g ђубрива и раствори у 1000 cm<sup>3</sup> дестиловане воде. У добијеном раствору одређује се садржај NH<sub>4</sub>-N и NO<sub>3</sub>-N.

#### Одређивање NH<sub>4</sub>-N

- Из добијеног раствора узме се аликвот од 5 cm<sup>3</sup> и стави у дестилациону колбу коме се дода 0,2 g MgO.
- Испод хладњака ставља се ерленмајер тиквица са борном киселином. Дестилација је завршена када се добије 30 cm<sup>3</sup> кондезата (око 5 минута). Дестилација се прекида отварањем довода водене паре.

### Одређивање $\text{NO}_3\text{-N}$

- Истом балону додаје се 0,2 g Dewardove легуре и брзо затвори колба. Поставља се друга ерленмајер тиквица са борном киселином (5 цм) испод хладњака. Затварањем одвода водене паре започиње се дестилација. Када се добије  $30 \text{ cm}^3$  кондензата, прекида се дестилација а кондезат се титрише са  $0,005 \text{ N H}_2\text{SO}_4$

### Титрација

- Добијени кондезат након прве и друге дестилације се титрише са  $0,005 \text{ N H}_2\text{SO}_4$  до тачке еквиваленције, односно промене боје раствора из зелене у ружичасту.

### Израчунавање

Утрошак од  $1 \text{ cm}^3$   $0,005 \text{ N H}_2\text{SO}_4$  је еквивалентно  $70 \text{ }\mu\text{g}$  азота (N)

$$\%N = ((V1 - V2 \times 70) \times 2)/100$$

где је:

V1 утрошак  $0,005 \text{ N H}_2\text{SO}_4$  за дестилацију анализираног узорка ( $\text{cm}^3$ )

V2 утрошак  $0,005 \text{ N H}_2\text{SO}_4$  за дестилацију следеће пробе ( $\text{cm}^3$ )

### Задаци за вежбу:

1. Описати одређивање N у ђубривима.

## 5.8.ОДРЕЂИВАЊЕ АЗОТА У АМИДНИМ ЂУБРИВИМА (МЕТОДОМ СПЕКТРОФОТОМЕТРИЈЕ)

### *Примена методе*

Овом методом прописан је поступак за испитивање амидног азота методом спектрофотометрије.

### *Принцип методе*

Реакција између урее и p-dimetil-diaminobenzaldehida (DAB реагенс) у киселој средини даје жуту боју чији се интензитет мери спектрофотометријски на таласној дужини од 435 nm.

### *Реагенси*

- Дестилована или деминерализована вода, у којој нема угљен-диоксида и азотних једињења;
- Сумпорна киселина, раствор 490 g/l;
- DAB реагенс: 20 g p-dimetil-diaminobenzaldehyd ( $C_9H_{11}NO$ ) раствори се у 100 ml сумпорне киселине (тачка 3.2) и квантитативно пренесе у одмерну боцу запремине 1 000 ml. Раствор се разблажи дестилованом водом до ознаке и добро измеша;
- Стандардни раствор урее који садржи 0,1 mgN/l: одмери се  $2,1438 \pm 0,0001$  g урее, претходно сушене 6 часова у вакум-ексикатору изнад фосфор-пентоксида и раствори у води. Раствор се квантитативно пренесе у одмерну боцу од 1000 ml, разблажи водом до ознаке и промеша. 1 ml овог раствора садржи 1 mg азота (N);
- Сумпорна киселина, раствор 49 g/l;
- Натријум-хидроксид, раствор 40 g/l.

### *Апаратура и прибор*

За одређивање садржаја амидног азота по овој методи поред уобичајеног лабораторијског прибора (одмерни балони, чаше и др.) користи се UV/VIS спекторфотометар са киветама дужине оптичког пута од 1 cm и вакум ексикатор са фосфор-пентоксидом.

### *Поступак*

#### *Узорак за испитивање*

Од масе узорка издвоји се један део (25 g) и самеље да величина честица буде  $<0,5$  mm. Након просејавања на сити  $0,5 \times 0,5$  mm узорак се добро измеша а затим одмери 6 g, са тачношћу 0,001 g, и пренесе у одмерни суд, запремине 500 ml. Упоредо са припремањем узорка за испитивање, припрема се истим поступком и слепа проба без узорка.

## Припремење серије стандардних раствора

У пет одмерних боца од по 100 ml, уносе се различите заремине стандардног раствора урее (тачка 3.3) према Табели испод.

**Табела 30.** Припрема серије стандардних раствора

| Запремина стандардног раствора урее (ml) | Одговарајућа маса азота (mg) |
|------------------------------------------|------------------------------|
| 0,0*                                     | 0,0                          |
| 5,0                                      | 5,0                          |
| 10,0                                     | 10,0                         |
| 15,0                                     | 15,0                         |
| 20,0                                     | 20,0                         |
| 30,0                                     | 30,0                         |
| 40,0                                     | 40,0                         |

\* компензациони раствор.

У сваку боцу се додаје потребна количина воде да се постигне запремина од око 50 ml, а затим се додаје по 20,0 ml DAB реагенса (тачка 3.3) и промеша. Раствор се разблажи водом до ознаке 100 ml, промеша и остави да стоји 15 min.

## Спектрофотометријско мерење стандардних раствора и конструисање калибрационе криве

Спектрофотометријско мерење стандардних раствора врши се помоћу спектрофотометра на таласној дужини 435 nm. Прво се врши мерење компензационог раствора и подешавање спектрофотометра на нулу за вредност апсорбације. Након тога врши се читавање апсорбације серије стандардних раствора и врши конструисање калибрационе криве где се на апцису уносе количине амидног азота које се садрже у 100 ml, а на ординату одговарајуће вредности апсорбације.

## Припремање раствора узорка за испитивање

У одмерни суд запремине 500 ml у којој се налази 6,0 g узорка додаје се 300 ml воде у циљу растворања узорка. Суд се затвори и стави на хоризонталну мућкалицу (30-40 o/min) и меша 30 min да би се узорак растворио. После скидања са мућкалице раствору узорка подеси се рН вредност на 5 додавањем раствора сумпорне киселине (тачка 3.4) или раствора натријум-хидроксида (тачка 3.5). После подешавања рН вредности боца се допуни водом до ознаке 500 ml и добро промеша. Раствор се филтрира кроз филтер папир (бела трака) у суву чашу. Првих 30 ml се одбаци, а из осталог дела филтрата се одређује амидни азот.

### Развијање боје раствора узорка за испитивање

Отпипетира се део бистрог раствора узорка који је претходно филтриран (тачка 5.4), који не садржи више од 30 mg амидног азота и пренесе у одмерну боцу запремине 100 ml. У боцу се затим додаје потребна количина воде да би се достигла запремина од око 50 ml, а затим се дода 20 ml раствора DAB реагенса и промеша. Раствор се разблажи водом до ознаке 100 ml, промеша и постави да стоји 15 минута.

### Спектрофотометријско мерење раствора узорка за испитивање

Спектрофотометријско мерење раствора узорка за испитивање врши се по поступку описаном у тачки 5.3, с тим да се спектрофотометар претходно подеси на нулу апсорбанције према раствору слепе пробе.

### Израчунавање резултата

Помоћу калибрационе криве одреди се маса амидног азота која одговара измереној вредности апсорбанције раствора узорка за испитивање. Садржај амидног азота, изражен као N у процентима масе, израчунава се према обрасцу:

$$\frac{m_1 \times D \times 100}{1000 \times m_0} = \frac{m_1 \times D}{10 \times m_0}$$

где је:

$m_0$  – маса узорка за испитивање (g);

$m_1$  – маса амидног азота (N) измерена у аликвотном делу раствора узорка за испитивање (вредност скинута са калибрационе криве) (mg);

D – однос запремине раствора узорка за испитивање према запремини аликвотног дела овог раствора узетог за развијање боје (500 cm<sup>3</sup> / запремина аликвота cm<sup>3</sup>).

## 5.9.ОДРЕЂИВАЊЕ САДРЖАЈА ФОСФОРА У НЕОРГАНСКИМ ЂУБРИВИМА

Фосфор се у појединачним и сложеним неорганским ђубривима налази у облику различитих једињења. У зависности од облика у ком се фосфор налази у ђубриву зависи и растворљивост, односно приступачност фосфора. Из тог разлога постоји више метода којима се може анализирати садржај фосфора у ђубриву у зависности од облика у коме се налази.

Према Закону о средствима за исхрану биља и оплеменењивачима земљишта (Службени гласник РС", бр. 41 од 2. јуна 2009, 17 од 14. марта 2019) и Правилником о методама испитивања средстава за исхрану биља и оплеменењивача земљишта предвиђено је да се у неорганским ђубривима која садрже фосфор врши екстракција следећих облика:

- Екстракција фосфора растворљивог у минералним киселинама
- Екстракција фосфора растворљивог у 2 % мрављој киселини
- Екстракција фосфора растворљивог у 2 % лимунској киселини
- Екстракција фосфора растворљивог у неутралном амонијум-цитрату
- Екстракција растворљивог фосфора по Петерману на 65 °C
- Екстракција растворљивог фосфора по Петерману на собној температури
- Екстракција фосфора растворљивог у алкалном амонијум-цитрату по Џулију
- Екстракција водорастворљивог фосфора

Након екстракције фосфора, за одређивање фосфора у добијеном раствору користе се две методе:

- Гравиметријска метода уз коришћење хинолин-фосфолибдата где се после хидролизе, различити облици фосфора (осим ортофосфата) таложе фосфолибдатним јонима у киселој средини у облику хинолин фосфолибдата. После филтрирања и испирања, талог се суши на 250°C до константне масе и мери.
- Спектрофотометријска метода, где се образује жути комплекс фосфованадолибдата а интезитет обојења мери спектрофотометром на таласној дужини 430 до 436 nm.

## 5.10. ОДРЕЂИВАЊЕ САДРЖАЈА ФОСФОРА РАСТВОРЉИВОГ У МИНЕРАЛНИМ КИСЕЛИНАМА (Спектрофотометријска метода)

### *Примена методе*

Овом методом прописан је поступак за испитивање фосфора растворљивог у минералним киселинама. Ова метода се примењује на фосфорна неорганска ђубрива утврђена прописом којим се уређује разврставање средстава за исхрану биља и оплемењивача земљишта.

### *Принцип методе*

Екстракција фосфора раствореног у смеси азотне и сумпорне киселине.

### *Реагенси*

За испитивање неопходни су следећи реагенси:

- дестилована или деминерализована вода;
- концентрована сумпорна киселина ( $d_{20} = 1,84 \text{ g/ml}$ );
- концентрована азотна киселина запреминске масе  $1,39 \text{ g/ml}$ , односно 65% раствор (m/m);
- ванадијум-молибденски реагенс: добија се мешањем једнаких количина раствора А, Б и В.

**раствор А:** у два запреминска дела воде додати један запремински део раствора азотне киселине;

**раствор Б:** 50 g амонијум-молибдат-тетрахидрата растворити у 950 ml вруће воде ( $50^{\circ}\text{C}$ ).

**раствор В:** 2,5 g амонијум-ванадата растворити у 500 ml вруће воде. После хлађења, раствору се додаје 20 ml раствора азотне киселине, све се пренесе у одмерну боцу запремине 1000 ml и боца се допуни водом до ознаке.

Стандардни раствор фосфора који садржи  $1 \text{ g P}_2\text{O}_5/\text{l}$ : одмери се  $1,9170 \text{ g}$  калијум-дихидроген-фосфата ( $\text{K}_2\text{H}_2\text{PO}_4$ ), претходно осушеног у електричној сушници на  $105^{\circ}\text{C}$  до константне масе. Одмерена количина се пренесе у чашу погодне запремине и раствори у води. Раствор се из чаше квантитативно пренесе у одмерну боцу од 1000 ml, разблажи водом до ознаке и промеша.

### *Апаратура и опрема*

- Ерленмајер запремине 500 ml;
- Пипете запремине 1, 20, 25 и 30 ml;
- Стаклена чаша од 100 ml;
- Филтер папир (бела трака);



- Одмерни судови запремине 100 ml и 500 ml;
- Стаклени левак за филтрирање;
- Решо са регулатором температуре;
- Аналитичка вага;
- Електрична сушница;
- UV/VIS Спектрофотометар са киветама дужине оптичког пута 1 cm.

### Поступак

#### Узорак за испитивање

Од масе узорка издвоји се један део (25 g) и самеље да величина честица буде <0,5 mm. Након просејавања на сити 0,5 x 0,5 mm узорак се добро измеша а затим одмери 5 g, са тачношћу 0,001 g, и пренесе у чашу запремине 250 ml. Упоредо са припремањем узорка за испитивање, припрема се истим поступком и слепа проба без узорка.

#### Припремање серије стандардних раствора

У шест одмерних балона запремине 100 ml сипају се помоћу бирете различите запремине стандардног раствора фосфора који садржи 1g P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/l (тачка 3.5), према Табели 31:

**Табела 31.** Припрема серије стандардних раствора

| Запремина стандардног раствора фосфора (ml) | Одговарајућа маса фосфора (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) (mg) |
|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| 0*                                          | 0*                                                              |
| 0,5                                         | 0,5                                                             |
| 1,0                                         | 1,0                                                             |
| 1,5                                         | 1,5                                                             |
| 2,0                                         | 2,0                                                             |
| 2,5                                         | 2,5                                                             |
| 3,0                                         | 3,0                                                             |

\*компезациони раствор.

### Развијање боје серије стандардних раствора

У одмерне балоне се додаје по 25 ml ванадијум-молибденског реагенса (тачка 3.5), боце се допуне водом до ознаке 100 ml, добро промешају и оставе да одстоје 30 минута.

### Спектрофотометријско мерење серије стандардних раствора

Спектрофотометријско мерење серије стандардних раствора врши се помоћу спектрофотометра на таласној дужини 430nm, уз употребу кивете са дужином оптичког пута 1 cm. Прво се врши мерење компензационог раствора и подешавање спектрофотометра на нулу за вредност апсорбације. Након тога врши се читавање апсорбације серије стандардних раствора и врши конструисање калибрационе криве где се на апцису уносе количине  $P_2O_5$ , у mg, које се садрже у 100 ml стандардног раствора, а на ординату одговарајуће вредности апсорбације.

### Припремање раствора узорка за испитивање

Узорак за испитивање (тачка 5.1) унесе се у сув ерленмајер запремине 500 ml. Дода се 15 ml воде и промућка да се супстанца суспендује, након чега се пажљиво додаје 20 ml азотне киселине (тачка 3.2) и 30 ml сумпорне киселине (тачка 3.1.). Када се почетна бурна реакција смири, лагано се загрева садржај боце до врења и остави да кључа 30 минута. Пустите се да се охлади, и полако уз мешање додаје 150 ml воде. Остави се да кључа још 15 минута. Садржај се полако охлади и квантитативно пренесе у нормални суд од 500 ml. Допуни се до црте, и филтрира кроз суви филтер папир који не садржи фосфате, при чему се одбаци прву количину филтрата.

### Развијање боје раствора узорка за испитивање

Од бистрог раствора узорка за испитивање (тачка 5.5), зависно од садржаја фосфора у ђубриву, отпипетира се аликвотни део раствора према Табели 32.

**Табела 32.** Запремина аликвотног дела раствора у зависности од садржаја фосфора у ђубриву

| Садржај $P_2O_5$ (%) | Аликвотни део раствора (ml) |
|----------------------|-----------------------------|
| >50,0                | 0,2                         |
| <50,0                | 0,6                         |

Део раствора узорка за испитивање се пренесе у одмерни балон од 100 ml, дода се 25 ml ванадијум-молибденског реагенса (тачка 3.4), и балон допуне водом до ознаке и промеша. Раствор се остави да стоји 30 минута, а затим се врши спектрофотометријско мерење.

### Спектрофотометријско мерење раствора узорка за испитивање и слепе пробе.

Спектрофотометријско мерење аликвотног дела раствора узорка за испитивање врши се помоћу спектрофотометра на таласној дужини 430 nm, уз употребу квете са дужином оптичког пута 1 cm. Прво се врши мерење раствора слепе пробе а затим мерење апсорбанције раствора узорка за испитивање.

#### *Израчунавање резултата*

Помоћу калибрационе криве одреди се маса фосфора која одговара измереним вредностима апсорбанције раствора узорка за испитивање и раствора слепе пробе. Садржај фосфора изражен као  $P_2O_5$  у процентима масе, израчунава се према обрасцу:

$$\frac{m_1 \times D \times 100}{1000 \times m_0} \% (m/m)$$

Где је:

$m_0$  – маса узорка за испитивање, у g;

$m_1$  – маса  $P_2O_5$  одређена у аликвотном делу раствора узорка за испитивање, у mg;

D – однос запремине раствора узорка за испитивање према запремини аликвотног дела овог раствора узетог за развијање боје (фактор разблажења)

$$D = \frac{500 \text{ ml}}{\text{Запремина аликвотног дела (0,2 ml или 0,6 ml)}}$$

## 5.11. ОДРЕЂИВАЊЕ САДРЖАЈА ФОСФОРА РАСТВОРЉИВОГ У НЕУТРАЛНОМ АМОНИЈУМ-ЦИТРАТУ (Спектрофотометријска метода)

### *Примена методе*

Овом методом прописан је поступак за испитивање фосфора растворљивог у неутралном амонијум-цитрату и примењује се на сва ђубрива за која је декларисана растворљивост у неутралном амонијум-цитрату. Екстракција фосфора из ђубрива на температури 65°C у неутралном амонијум-цитрату (pH=7,0) под специфичним условима.

### *Реагенси*

За испитивање неопходни су следећи реагенси:

- дестилована или деминерализована вода;
- раствор неутралног амонијум-цитрата (pH=7,0), који садржи 185 g/l кристалне лимунске киселине, има pH 7,0 и специфичну запремину 1,09 g/ml на 20°C, и који се припрема на следећи начин:
  - раствара се 370 g кристалне лимунске киселине ( $C_6H_8O_7 \cdot x H_2O$ ) у око 1,5 l воде и дотера близу неутралне реакције додавањем 345 ml раствора амонијум-хидроксида (28-39%  $NH_3$ ),
  - ако је концентрација раствора амонијум-хидроксида мања од 28% додаје се већа запремина тог раствора и разблажи лимунска киселина одговарајућим малим порцијама воде,
  - охлади се раствор и дотера реакцију средине на неутралну контролишући електродама pH-метра уроњеним у раствор, додавајући амонијак (28-29%  $NH_3$ ) у капима, уз мешање (механичком мешалицом), док се не добије тачно pH=7,0 на 20°C,
  - допуни се запремина раствора на тачно 2 литра и поново провери pH. Реагенс се чува у затвореној боци и проверава pH у правилним интервалима.
    - концентрована азотна киселина запреминске масе 1,39 g/ml, односно 65% раствор (m/m);
    - ванадијум-молибденски реагенс: добија се мешањем једнаких количина раствора А, Б и В.
- раствор А: у два запреминска дела воде додаје се један запремински део раствора азотне киселине;
- раствор Б: 50 g амонијум-молибдат-тетрахидрата се раствара у 950 ml вруће воде (50°C).

- раствор В: 2,5 g амонијум-ванадата се раствора у 500 ml вруће воде. После хлађења, раствору се додаје 20 ml раствора азотне киселине, све се пренесе у одмерну боцу запремине 1000 ml и боца се допуни водом до ознаке.
  - стандардни раствор фосфора који садржи 1g  $P_2O_5/l$ : одмери се 1,9170 g калијум-дихидроген-фосфата ( $K_2H_2PO_4$ ), претходно осушеног у електричној сушници на 105 °C до константне масе. Одмерена количина се пренесе у чашу погодне запремине и раствори у води. Раствор се из чаше квантитативно пренесе у одмерну боцу од 1000 ml, разблажи водом до ознаке и промеша.

### **Апаратура и опрема**

Неопходна је следећа лабораторијска опрема:

- Ерленмајер запремине 250 ml;
- Пипете запремине 1, 20, 25 и 30 ml;
- Стаклена чаша од 100 ml;
- Филтер папир (бела трака);
- Одмерни судови од 100 ml и 500 ml;
- Стаклени левак за филтрирање;
- рН метар
- Водено купатило;
- Аналитичка вага;
- Електрична сушница;
- UV/VIS Спектрофотометар са киветама дужине оптичког пута 1 cm.

### **Поступак**

#### **Узорак за испитивање**

Од масе узорка издвоји се један део (25 g) и самеље да величина честица буде <0,5 mm. Након просејавања на сити 0,5 x 0,5 mm узорак се добро измеша а затим одмери 1-3 g, са тачношћу 0,001 g, и пренесе у ерленмајер запремине 250 ml. Упоредо са припремањем узорка за испитивање, припрема се истим поступком и слепа проба без узорка.

#### **Припремање серије стандардних раствора**

У шест одмерних балона запремине 100 ml сипају се помоћу бирете различите запремине стандардног раствора фосфора који садржи 1g  $P_2O_5/l$ , према Табели 33.

**Табела 33.** Припрема серије стандардних раствора

| Запремина стандардног раствора фосфора (ml) | Одговарајућа маса фосфора ( $P_2O_5$ ) (mg) |
|---------------------------------------------|---------------------------------------------|
| 0*                                          | 0*                                          |
| 0,5                                         | 0,5                                         |
| 1,0                                         | 1,0                                         |
| 1,5                                         | 1,5                                         |
| 2,0                                         | 2,0                                         |
| 2,5                                         | 2,5                                         |
| 3,0                                         | 3,0                                         |

\*компезациони раствор.

### Развијање боје серије стандардних раствора

У одмерне балоне се додаје по 25 ml ванадијум-молибденског реагенса, боце се допуне водом до ознаке 100 ml, добро промешају и оставе да одстоје 30 минута.

### Спектрофотометријско мерење серије стандардних раствора

Спектрофотометријско мерење серије стандардних раствора врши се помоћу спектрофотометра на таласној дужини 430 nm, уз употребу кивете са дужином оптичког пута 1 cm. Прво се врши мерење компензационог раствора и подешавање спектрофотометра на нулу за вредност апсорбације. Након тога врши се очитавање апсорбације серије стандардних раствора и врши конструисање калибрационе криве где се на апцису уносе количине  $P_2O_5$ , у mg, које се садрже у 100 ml стандардног раствора, а на ординату одговарајуће вредности апсорбације.

### Припремање раствора узорка за испитивање

Пренесе се 3 g узорка ђубрива које се испитује у ерленмајер од 250 ml који садржи 100 ml амонијум-цитратног раствора претходно загрејаног на 65°C. Затвори се ерленмајер чепом и мућкати да се ђубриво суспендује без стварања грудвица. Повремено се отвара чеп да би се уједначио притисак у ерленмајеру са спољашњим и поново затворити. Стави се ерленмајер на водено купатило да би се садржај суда загрејао на тачно 65°C и повеже се са мешалицом. За време мешања, ниво суспензије у ерленмајеру мора константно да буде испод нивоа воде у воденом купатилу (у недостатку механичке мешалице мућкати посуду сваких 5 минута). Механичка мешалица ће омогућити да се постигне хомогена суспензија. После мешања око један сат, склони се ерленмајер са воденог купатила. Охлади брзо под млазом текуће воде до собне температуре и брзо, квантитативно пренесе садржај ерленмајера у нормални суд од 500 ml (добро испрати суд). Допуни до црте дестилованом водом. Пажљиво промућкати. Филтрирати кроз суви филтер (који не садржи фосфате) у сув прихватни суд, одбацујући први део филтрата (око 50 ml). Треба сакупити око 100 ml бистрог филтрата.

### Развијање боје раствора узорка за испитивање

Од бистрог раствора узорка за испитивање, зависно од садржаја фосфора у ђубриву, отпипетира се аликвотни део раствора према Табели 34.

**Табела 34.** Запремина аликвотног дела раствора у зависности од садржаја фосфора у ђубриву

| Садржај $P_2O_5$ (%) | Аликвотни део раствора (ml) |
|----------------------|-----------------------------|
| >50,0                | 0,2                         |
| <50,0                | 0,6                         |

Отпипетира се аликвотни део раствора узорка за испитивање и пренесе у одмерни балон од 100 ml, дода се 25 ml ванадијум-молибденског реагенса, балон допуни водом до ознаке и промеша. Раствор се остави да стоји 30 минута, а затим се врши спектрофотометријско мерење.

### Спектрофотометријско мерење раствора узорка за испитивање и слепе пробе.

Спектрофотометријско мерење аликвотног дела раствора узорка за испитивање врши се помоћу спектрофотометра на таласној дужини 430 nm, уз употребу кивете са дужином оптичког пута 1 cm. Прво се врши мерење раствора слепе пробе а затим мерење апсорбације раствора узорка за испитивање.

### Израчунавање резултата

Помоћу калибрационе криве одреди се маса фосфора која одговара измереним вредностима апсорбације раствора узорка за испитивање и раствора слепе пробе. Садржај фосфора изражен као  $P_2O_5$  у процентима масе, израчунава се према обрасцу:

$$\frac{m_1 \times D \times 100}{1000 \times m_0} \% (m/m)$$

Где је :

$m_0$  – маса узорка за испитивање, у g;

$m_1$  – маса  $P_2O_5$  одређена у аликвотном делу раствора узорка за испитивање, у mg;

D – однос запремине раствора узорка за испитивање према запремини аликвотног дела овог раствора узетог за развијање боје (фактор разблажења)

$$D = \frac{500 \text{ ml}}{\text{Запремина аликвотног дела (0,2 ml или 0,6 ml)}}$$

## 5.12. ОДРЕЂИВАЊЕ САДРЖАЈА ФОСФОРА РАСТВОРЉИВОГ У ВОДИ (Спектрофотометријска метода)

### Примена методе

Овом методом прописан је поступак за испитивање садржаја фосфора растворљивог у води, у неорганским ђубривима: суперфосфату, троструком суперфосфату, моноамонијум-фосфату (МАП), диамонијум-фосфату (ДАП), мешаним и комплексним ђубривма.

### Принцип испитивања

Узорак ђубрива се раствара у води при чему водорастворљиви фосфор у реакцији са ванадијум-молибденским реагенсом образује жути комплекс фосфованадомолибдата и интезитет обојења се мери спектрофотометром на таласној дужини 430 до 436 nm

### Реагенси

За испитивање неопходни су следећи реагенси:

- дестилована или деминерализована вода;
- азотна киселина запреминске масе 1,39 g/ ml, односно 65% раствор (m/m);
- ванадијум-молибденски реагенс: добија се мешањем једнаких количина раствора А, Б и В.
  - раствор А: у два запреминска дела воде додаје се један запремински део раствора азотне киселине;
  - раствор Б: 50 g амонијум-молибдат-тетрахидрата се раствора у 950 ml вруће воде (50°C).
  - раствор В: 2,5 g амонијум-ванадата се раствора у 500 ml вруће воде. После хлађења, раствору се додаје 20 ml раствора азотне киселине, све се пренесе у одмерну боцу запремине 1000 ml и боца се допуни водом до ознаке.
    - стандардни раствор фосфора који садржи 1g  $P_2O_5$ /l: одмери се 1,9170 g калијум-дихидроген-фосфата ( $K_2H_2PO_4$ ), претходно осушеног у електричној сушници на 105 °C до константне масе. Одмерена количина се пренесе у чашу погодне запремине и раствори у води. Раствор се из чаше квантитативно пренесе у одмерну боцу од 1000 ml, разблажи водом до ознаке и промеша.

### Лабораторијска опрема

Неопходна је следећа лабораторијска опрема:

- Одмерни суд запремине 100 ml и 500 ml;
- Стаклени левак за филтрирање



- Пипете запремине 1, 20, 25 и 30 ml;
- Стаклена чаша од 100 ml;
- Филтер папир (бела трака);
- Аналитичка вага;
- Хоризонтална мућкалица;
- Електрична сушница;
- UV/VIS Спектрофотометар са киветама дужине оптичког пута 1 cm.

### **Поступак**

#### **Узорак за испитивање**

Од масе узорка издвоји се један део (25 g) и самеље да величина честица буде <0,5 mm. Након просејавања на сити 0,5 x 0,5 mm узорак се добро измеша а затим одмери 5 g, са тачношћу 0,001 g, и пренесе у чашу запремине 250 ml. Упоредо са припремањем узорка за испитивање, припрема се истим поступком и слепа проба без узорка.

#### **Припремање серије стандардних раствора**

У шест одмерних балона запремине 100 ml сипају се помоћу бирете различите запремине стандардног раствора фосфора који садржи 1g  $P_2O_5/l$ , према табели 35:

**Табела 35.** Припрема серије стандардних раствора

| Запремина стандардног раствора фосфора (ml) | Одговарајућа маса фосфора ( $P_2O_5$ ) (mg) |
|---------------------------------------------|---------------------------------------------|
| 0*                                          | 0*                                          |
| 0,5                                         | 0,5                                         |
| 1,0                                         | 1,0                                         |
| 1,5                                         | 1,5                                         |
| 2,0                                         | 2,0                                         |
| 2,5                                         | 2,5                                         |
| 3,0                                         | 3,0                                         |

\*компезациони раствор.

### Развијање боје серије стандардних раствора

У одмерне балоне се додаје по 25 ml ванадијум-молибденског реагенса, боце се допуне водом до ознаке 100 ml, добро промешају и оставе да одстоје 30 минута.

### Спектрофотометријско мерење серије стандардних раствора

Спектрофотометријско мерење серије стандардних раствора врши се помоћу спектрофотометра на таласној дужини 430, уз употребу кивете са дужином оптичког пута 1 cm. Прво се врши мерење компензационог раствора и подешавање спектрофотометра на нулу за вредност апсорбације. Након тога врши се читавање апсорбације серије стандардних раствора и врши конструисање калибрационе криве где се на апцису уносе количине  $P_2O_5$ , у mg, које се садрже у 100 ml стандардног раствора, а на ординату одговарајуће вредности апсорбације.

### Припремање раствора узорка за испитивање

Узорак за испитивање унесе се у одмерни суд запремине 500 ml, у коју се додаје 400 ml воде. Суд се затвори и стави на хоризонталну мућкалицу (30-40 о/мин.) и меша 30 минута да би се узорак растворио. После завршеног растварања суд се допуни водом до ознаке, добро промућка ради хомогенизације и садржај филтрира кроз сув филтер папир (бела трака) у суву чашу. Првих 30 ml филтрата се одбаци, а из осталог дела одређује се садржај фосфора растворљивог у води.

### Развијање боје раствора узорка за испитивање

Од бистрог раствора узорка за испитивање, зависно од садржаја фосфора у ђубриву, отпипетира се аликвотни део раствора према Табели 36.

**Табела 36.** Запремина аликвотног дела раствора у зависности од садржаја фосфора у ђубриву

| Садржај P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%) | Аликвотни део раствора (ml) |
|-------------------------------------------|-----------------------------|
| >50,0                                     | 0,2                         |
| <50,0                                     | 0,6                         |

Одпипетира се аликвотни део раствора узорка за испитивање и пренесе у одмерни балон од 100 ml, дода се 25 ml ванадијум-молибденског реагенса, балон допуни водом до ознаке и промеша. Раствор се остави да стоји 30 минута, а затим се врши спектрофотометријско мерење.

#### Спектрофотометријско мерење раствора узорка за испитивање и слепе пробе.

Спектрофотометријско мерење аликвотног дела раствора узорка за испитивање врши се помоћу спектрофотометра на таласној дужини 430 nm, уз употребу кивете са дужином оптичког пута 1 cm. Прво се врши мерење раствора слепе пробе а затим мерење апсорбације раствора узорка за испитивање.

#### Израчунавање резултата

Помоћу калибрационе криве одреди се маса фосфора која одговара измереним вредностима апсорбације раствора узорка за испитивање и раствора слепе пробе. Садржај фосфора изражен као P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> у процентима масе, израчунава се према једначини испод:

$$\frac{m_1 \times D \times 100}{1000 \times m_0} \% (m/m)$$

Где је :

m<sub>0</sub> – маса узорка за испитивање, у g;

m<sub>1</sub> – маса P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> одређена у аликвотном делу раствора узорка за испитивање, у mg;

D – однос запремине раствора узорка за испитивање према запремини аликвотног дела овог раствора узетог за развијање боје (фактор разблажења)

$$D = \frac{500 \text{ ml}}{\text{Запремина аликвотног дела (0,2 ml или 0,6 ml)}}$$

## 5.13. ОДРЕЂИВАЊЕ САДРЖАЈА КАЛИЈУМА У НЕОРГАНСКИМ ЂУБРИВИМА (Пламенофотометријска метода)

### *Примена методе*

Овом методом прописан је поступак за испитивање садржаја калијума растворљивог у води, у неорганским ђубривима.

### *Принцип испитивања*

Узорак ђубрива се раствара у води, раствор се усисава у пламен (смеша бутан-ваздух) пламенфотометра и концентрација калијума у раствору одређује се мерењем интензитета емитоване светлости на таласној дужини 766,5 nm.

### *Реагенси*

За испитивање неопходни су следећи реагенси:

- дестилована или деминерализована вода;
- стандардни раствор калијума који садржи 1g  $K_2O/l$ : одмери се 1,582 g калијум-хлорида (KCL), претходно осушеног у електричној сушници на 150 °C до константне масе и охлађеног у ексикатору до собне температуре. Одмерена количина се пренесе у чашу погодне запремине и раствори у води. Раствор се из чаше квантитативно пренесе у одмерну боцу од 1000 ml, разблажи водом до ознаке и промеша. 1 ml овог раствора садржи 1 mg  $K_2O$ .

### *Лабораторијска опрема*

Неопходна је следећа лабораторијска опрема:

- Ерленмајер запремине 500 ml;
- Пипете запремине 1 ml и 5 ml;
- Стаклена чаша од 100 ml;
- Одмерни балон од 500 ml и 1000 ml;
- Стаклени левак за филтрирање;
- Филтер папир (бела трака);
- Решо са регулатором температуре;
- Аналитичка вага;
- Електрична сушница;
- Пламенфотометар, са пламеником који се напаја бутаном и ваздухом и оптичким филтером за калијум.

## Поступак

### Узорак за испитивање

Од масе узорка издвоји се један део (25 g) и самеље да величина честица буде <0,5 mm. Након просејавања на сити 0,5 x 0,5 mm узорак се добро измеша а затим одмери 5 g, са тачношћу 0,001 g, и пренесе у чашу запремине 250 ml. Упоредо са припремањем узорка за испитивање, припрема се истим поступком и слепа проба без узорка.

### Припремање серије стандардних раствора

У одмерну боцу од 1000 ml отпипетира се 100 ml стандардног раствора (тачка 3.2), раствор разблажи водом до ознаке и добро промеша. Разблажени раствор садржи 100 mg K<sub>2</sub>O/l. У пет одмерних балона запремине 1000 ml уносе се запремине разблаженог раствора који у 1 l садржи 100 mg K<sub>2</sub>O према Табели 37.

Табела 37. Припрема серије стандардних раствора

| Запремина стандардног раствора (100 mg K <sub>2</sub> O/l) | Одговарајућа маса калијума (K <sub>2</sub> O) |
|------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| ml                                                         | mg                                            |
| 0*                                                         | 0*                                            |
| 25                                                         | 2,5                                           |
| 50                                                         | 5,0                                           |
| 75                                                         | 7,5                                           |
| 100                                                        | 10,0                                          |

\*слепа проба за калибрацију.

### Очитавање серије стандардних раствора на пламенфотометру

Пламенфотометар се укључи и остави довољно времена да се стабилизује (око 15 минута). Подеси се оптички филтер за очитавање концентрације калијума у раствору (766,55 nm), и одговарајућа осетљивост инструмента у зависности од концентрације раствора (за анализе ђубрива подешава се на мању осетљивост). Прво се врши очитавање раствора слепе пробе којим се врши калибрисање инструмента на нулу а затим се врши очитање раствора највеће концентрације којим се инструмент подешава да читава највећу вредност интензитета емитоване светлости (углавном 100). Након тога врши се очитавање осталих раствора из серије при чему се између два мерења усисава дестилована вода (испирање) у пламеник. Након очитавања серије стандардних раствора конструише се калибрациона крива тако што се на апцису уносе количине (маса) калијума, у mg које се налазе у 1000 ml (из табеле), а на

ординату се уносе одговарајуће вредности емитоване светлости (очитања на пламенфотометру) за сваки стандарни раствор из серије.

### Припремање раствора узорка за ипитување

Узорак за испитивање (тачка 5.1) који се налази у чаши раствори се у води, пренесе у ерленмајер запремине 500 ml и дода око 300 ml воде. Стави се на решо, загреје до кључања, и остави да кључа 15 минута. Након хлађења до собне температуре садржај ерленмајера се квантитативно пренесе у одмерни балон који се допуни водом до ознаке, садржај промеша и филтрира кроз филтер папир (бела трака). Првих 30 ml филтрата се одбаци, а из осталог дела филтрата одређује се садржај калијума.

Од бистрог филтрата узима се аликвотни део раствора запремине према Табели 38, и сипа у одмерни балон запремине 1000 ml, допуни водом до ознаке и добро промеша.

**Табела 38.** Запремина аликвотног дела раствора у зависности од садржаја фосфора у ђубриву

| Садржај K <sub>2</sub> O (%) | Аликвотни део раствора (ml) |
|------------------------------|-----------------------------|
| >30,0                        | 1,0                         |
| 15,0-30,0                    | 2,0                         |
| <15,0                        | 4,0                         |

У добијеном раствору одређује се концентрација калијума очитавањем на пламенфотометру, на идентичан начин као и концентрација стандардних раствора (тачка 5.3).

### Израчунавање

Помоћу калибационе криве (тачка 5.3) одреде се количине калијума које одговарају измереним вредностима интензитета емитоване светлости (емисије) раствора узорка за испитивање. Садржај калијума, изражен као K<sub>2</sub>O, у процентима масе, израчунава се по обасцу:

$$K_2O \% (m/m) = A \times \left(\frac{10}{V}\right)$$

где је:

A – вредност очитања скинутог са калибрационе криве (mg K<sub>2</sub>O/1000 ml);

V – запремина аликвотног дела раствора (1 ml, 2 ml или 4 ml).

## 5.14. УЗОРКОВАЊЕ ОРГАНСКИХ ЋУБРИВА

Органска ђубрива су пореклом из органских извора, те садрже знатну количину органских материја биљног и/или животињског порекла. Хранљиве материје се у органским ђубривима налазе највећим делом у облику сложених органских једињења, али и у облику минералних соли. Органска ђубрива су по свом саставу и особинама веома хетерогена.

Према пореклу и начину добијања ова ђубрива делимо на:

- природна органска ђубрива – настала од материјала биљног и животињског порекла са газдинства. У ову групу ђубрива спадају различите врсте стајњака, компоста, зеленишно ђубриво, као и различити одпатци из пољопривредне производње и домаћинства.
- индустријска органска ђубрива - су углавном отпаци или споредни производи прехранбене индустрије. Индустријска органска ђубрива животињског порекла су: рибље брашно, коштано брашно, брашно од меса, ражено брашно, а ђубрива биљног порекла су: уљане погаче, отпаци у индустрији пива, алкохола, скроба и др.

Органска ђубрива, за разлику од минералних, су врло хетерогена у погледу хемијског састава. За ову врсту ђубрива не постоји тачно утврђена методологија узоркавања, већ се начин узорковања разликује у зависности од врсте ђубрива. Индустријска органска ђубрива као што су коштано брашно, крвно брашно уљане погаче и сл., одликују се зрнастом структуром и релативно су хомогеног састава па се узорковање оваквих материјала врши по методологији за узорковање минералних ђубрива. Са друге стране узорковање природних органских ђубрива као што су стајњаци и/или компости доста је компликованије јер се ради о материјалима који се налазе у расутом стању или компостној гомили која представља смешу више различитих материјала (чврсти и течни екскременти домаћих животиња, простирка и др.).

Приликом узорковања стајњака или компоста потребно је узети више појединачних узорака (10-20) од којих се справља просечан узорак. Појединачне узорке потребно је узимати равномерно по целој дужини, ширини и дубини гомиле стајњака или компоста (Слика 33).



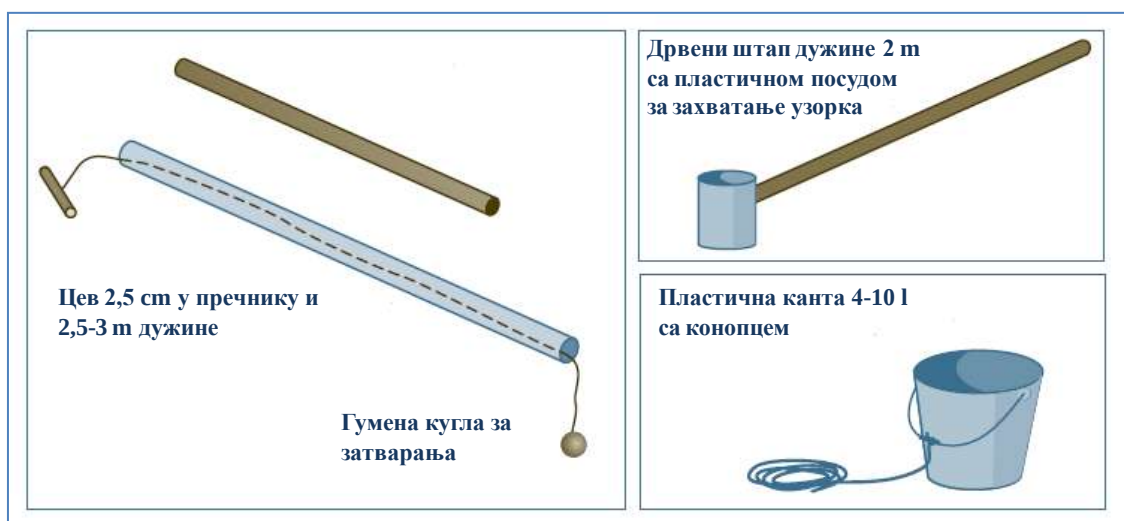
**Слика 33.** Распоред места за узимање појединачних узорака на гомили говеђег стајњака.

Маса просечног узорка након прикупљања свих појединачних узорака треба да буде 5 – 10 kg. За хемијске анализе органског ђубрива није потребно више од 1-2 kg, те је потребно укупну масу просечног узорка смањити на коначну масу поступком „четвртања” тако што се ђубриво ручно добро измеша у кофи а затим на плочу (квадрат) распе из кофе равномерно по плочи повуку дијагонале. Случајним избором, из два троугла врати у кофу а остало баци. Након тога, потребно је поново хомогенизирати узорак у кофи и расути по плочи и системом дијагоналне елиминације узорак свести на 1 – 2 kg масе.

Уколико се врши узорковања течних органских ђубрива као што су течни стајњак или осока, постоје два начина узорковања:

- Узорковања приликом примене течног органског ђубрива.
- Узорковање из објекта за лагеревање течних органских ђубрива.

Без обзира на начин узорковања, узорци течних ђубрива узимају се тако што се од више појединачних узорка (0,5-1l) справља један просечан узорак запремине 15-20 литара. Прибор за узорковање течних ђубрива приказан је на Слици 34.



**Слика 34.** Прибор за узорковање течних органских ђубрива

Након тога узорак се добро промеша и одвоји део узорка запремине 1-2 l, који се сипа у пластичну посуду коју треба наупнити до  $\frac{3}{4}$  пуне запремине због експанзије гасова током транспорта. Узорке треба држати на ниским температурама (покретни фрижидер) или их замрзнути до достављања лабораторији на анализу (Слика 35).





**Слика 35.** Узорак течног органског ђубрива

## 5.15. МЕШАЊЕ МИНЕРАЛНИХ ЋУБРИВА

Према броју хранљивих елемената миерална ђубрива могу бити проста (садрже само један хранљиви елемент) и сложена (садрже 2 или више хранљивих елемената). Сложена ђубрива ђубрива у зависности начина производње могу бити комплексна и мешана. Комплексна ђубрива се производе у фабрици а хранљиви елементи међусобно ступају у реакције стварајући соли, при чему се сви хранљиви елементи налазе у свакој гранули. Са друге стране мешана ђубрива садрже хранљиве елементе у облику одвојених соли при чему између хранљивих елемената не долази до хемијских реакција, па се сваки хранљиви елемент налази у виду засебне грануле (Слика 36)



**Слика 36.** Комплексно и мешано NPK ђубриво формулације 15:15:15

Без обзира да ли се ради о мешаним или комплексним сложеним ђубривима садржај хранљивих елемената у њима изражава формулацијом ђубрива. Формулација сложених ђубрива обележава се са три броја (нпр. 8:16:24, 15:15:15; 15:0:30) који представљају процентуални удео азота, фосфора и калијума у укупној маси ђубрива. Први број означава масене проценте азота, други фосфора у облику оксида ( $P_2O_5$ ) и трећи калијума у облику ( $K_2O$ ). Уколико ђубриво не садржи неки од хранљивих елемената, на место тог елемента пише се нула. Поред формулације, састав сложених ђубрива може се окарактерисати и међусобним односом хранљивих елемената, при чему се за јединицу увек узима садржај азота. На пример, ђубриво формулације 8:16:24 има однос 1:2:3.

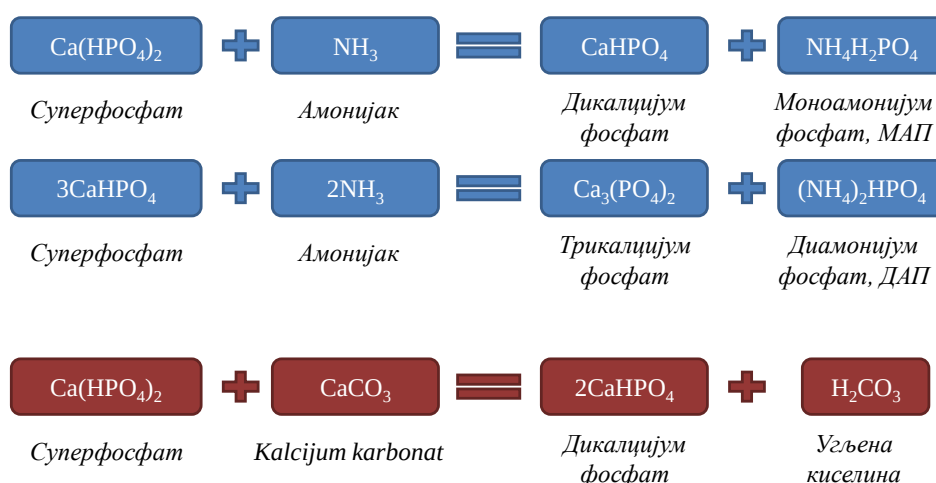
Сложена ђубрива примењују се углавном приликом основне обраде земљишта (формулације са наглашеним фосфором и калијумом) или предсетвено (формулације са наглашеним азотом). Избор формулације ђубрива врши се на основу хемијских својстава земљишта, захтевима гајене културе, времену и начину примене ђубрива.

Данас се на тржишту може наћи велики број различитих формулација. Фабрике минералних ђубрива углавном производе формулације које одговарају најзаступљенијим типовима земљишта и захтевима најзаступљенијих култура. Имајући у виду хетерогеност земљишта у погледу садржаја хранљивих елемената, као и специфичне захтеве различитих култура, може се десити да на тржишту не постоји формулација која би највише одговарала за одређену културу гајену на одређеном земљишту. У том случају врло често се у оквиру пољопривредног

газдинства мешањем појединачних ђубрива справљају мешана ђубрива одговарајуће формулације.

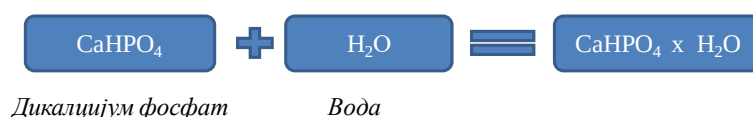
Приликом справљања мешаних ђубрива треба водити рачуна јер се не могу сва проста ђубрива међусобно мешати. Приликом мешања простих ђубрива може доћи до међусобног реаговања где долази до физичких и/или хемијских промена и инактивације хранљивих материја. Реакције које настају приликом мешања ђубрива су: *неутрализација, разлагање, хирдолиза и двострука декомпезација*.

**Неутрализација** настаје при мешању суперфосфата са амонијаком и калцијум карбонатом када слободна фосфорна киселина ступа у реакције градећи соли мање реастворљивости (дикалцијум фосфат и трикалцијум фосфат) у односу на суперфосфат (монокалцијум-фосфат) (Слика 37).



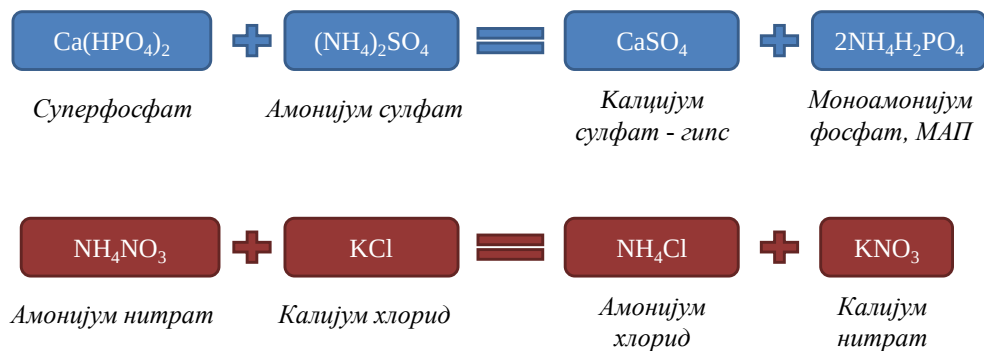
**Слика 37.** Реакције неутрализације

**Хидратација** је процес везивања воде за нека анхидорвана једињења при чему долази до погоршавања својстава ђубрива (Слика 38)



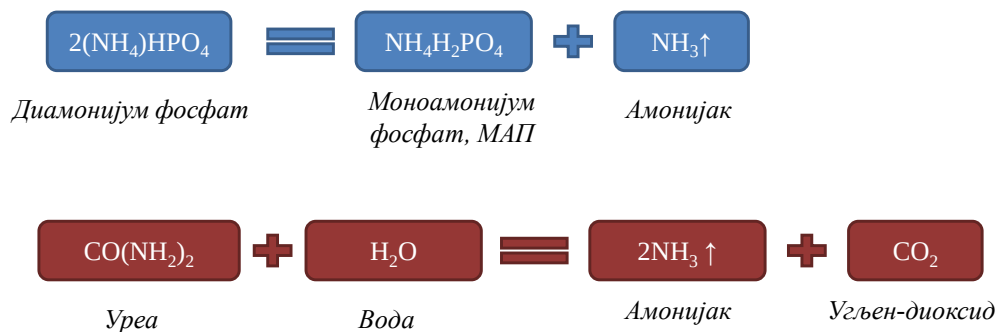
**Слика 38.** Ракција хидратације

**Двострука декомпезација** је процес до кога долази уколико се у влажном стању мешају ђубрива која немају заједничких јона. Заменом јона настају нова једињења која су лошијих својстава од полазних (Слика 39).



**Слика 39.** Реакције двоструке декомпозације

**Разлагање** је процес када долази до губитака активне материје. На пример, гасовити губици азота у облику амонијака из урее и диамонијум фосфата (Слика 40 )



**Слика 40.** Реакције разлагања ДАП-а и урее

Како би се избегле негативне појаве приликом мешања ђубрива, приликом избора појединачних ђубрива за справљање смеше треба се придржавати специјалних табела које описују компатибилност (могућност мешања) различитих појединачних ђубрива (Слика 41). Према могућности мешања без негативних појава, два ђубрива могу бити:

- **Компатибилна** - могу се мешати;
- **Делимично компатибилна** - могу се мешати непосредно пре примене уз посебну предострожност
- **Инкомпатибилна** - не могу се мешати.

|                               |   |                |                        |                                  |                 |    |                                    |                                   |                                    |  |   |  |                                    |                             |
|-------------------------------|---|----------------|------------------------|----------------------------------|-----------------|----|------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|--|---|--|------------------------------------|-----------------------------|
| Амонијум нитрат (AN)          |   |                |                        |                                  |                 |    |                                    |                                   |                                    |  |   |  |                                    |                             |
| Калијум амонијум нитрат (KAN) |   |                |                        |                                  |                 |    |                                    |                                   |                                    |  |   |  |                                    |                             |
| 1                             | 8 | Калијум нитрат |                        |                                  |                 |    |                                    |                                   |                                    |  |   |  |                                    |                             |
| 2                             |   | 10             | Амонијум сулфат нитрат |                                  |                 |    |                                    |                                   |                                    |  |   |  |                                    |                             |
|                               |   | 10             | 2                      | Калијум нитрат / Натријум нитрат |                 |    |                                    |                                   |                                    |  |   |  |                                    |                             |
| 3                             | 2 | 10             | 2                      | 13                               | Амонијум сулфат |    |                                    |                                   |                                    |  |   |  |                                    |                             |
| 4                             | 4 | 10             | 4                      |                                  |                 |    | Уреа                               |                                   |                                    |  |   |  |                                    |                             |
|                               |   |                | 12                     |                                  |                 |    | Сирови фосфат (трикалцијум фосфат) |                                   |                                    |  |   |  |                                    |                             |
| 5                             |   |                | 5                      |                                  |                 | 16 |                                    | Препитат (дикалцијум фосфат)      |                                    |  |   |  |                                    |                             |
| 5                             | 9 | 10             | 9                      |                                  |                 | 17 |                                    | Суперфосфат (монокалцијум фосфат) |                                    |  |   |  |                                    |                             |
|                               |   | 10             |                        |                                  |                 |    |                                    | Моноамонијум фосфат (МАП)         |                                    |  |   |  |                                    |                             |
|                               |   | 10             |                        |                                  |                 |    | 19                                 | 19                                | Диамонијум фосфат (ДАП)            |  |   |  |                                    |                             |
|                               |   | 10             |                        |                                  |                 |    |                                    |                                   | Монокалцијум фосфат                |  |   |  |                                    |                             |
| 6                             | 6 | 10             | 6                      |                                  |                 | 18 |                                    |                                   | Калијум хлорид                     |  |   |  |                                    |                             |
|                               |   | 11             |                        |                                  |                 |    |                                    |                                   | Калијум сулфат / Магнезијум сулфат |  |   |  |                                    |                             |
| 6                             | 6 | 10             | 6                      | 14                               | 6               | 4  |                                    | 5                                 | 5                                  |  | 6 |  | NPK ђубрива (са амонијум нитратом) |                             |
| 4                             | 4 | 10             | 4                      | 15                               |                 |    |                                    | 16                                | 16                                 |  |   |  | 4                                  | NPK ђубрива (са уреом)      |
|                               |   |                |                        |                                  |                 |    |                                    | 19                                | 19                                 |  |   |  |                                    | Калијум/Магнезијум карбонат |
| 7                             | 7 | 10             | 7                      | 7                                |                 |    |                                    |                                   |                                    |  |   |  | 7                                  | Елементарни сумпор          |

\* Значење бројева у табели: 1. Оба производа су хигроскопна, начин стабилизације амонијум нитрата може утицати на негативне промене ђубрива током чувања; 2. Водити рачуна од експлозивности смеше AN/AS; 3. Водити рачуна од експлозивности смеше AN/AS; 4. Смеша брзо постаје влажна и хигроскопна што онемогућава паковање и апликацију; 5. Уколико има присутних слободних киселина долази до разлагања AN и отежаног паковања и апликације; 6. Може доћи до реакција двоструке декомпзације; 7. Сумпор је запаљив и може реаговати са нитратима; 8. Оба производа су хигроскопна, начин стабилизације амонијум нитрата може утицати на негативне промене ђубрива током чувања; 9. Водити рачуна о садржају воде у смеси; 10. Водити рачуна влажности ваздуха током процеса мешања; 11. Може доћи до реакције у којој настаје гипс; 12. Не постоје подаци али се предпоставља да су компатибилни; 13. Водити рачуна о нечистоћама које садржи амонијум сулфат и влажности ваздуха током мешања; 14. Водити рачуна о садржају нитрата; 15. Водити рачуна о могућим реакцијама амонијум-фосфата / калијум нитрата са уреом и релативној влажност ваздуха током мешања, како не би дошло до згрудњавања; 16. Уколико су присутне слободне киселине постоји могућност ралагања уреје на амонијак и углен-диоксид; 17. Долази до формирања врло лепљивог једињења уреа фосфата; 18. Могуће згрудњавање услед повећане воде ваздуха; 19. Постоји ризик од процеса неутрализације.

Слика 41. Компатибилност (могућност мешања) различитих ђубрива.

### Задатак за вежбу

1. Треба направити мешано ђубриво 8:10:12. На располагању су појединачна ђубрива амонијум сулфат (21% N), преципитат (30%  $P_2O_5$ ) и калијум хлорид (60%  $K_2O$ ). Колико треба одмерити појединачно сваког ђубрива за прављење, а колико баластног материјала за 100 kg ђубрива ове формулације?
2. Колико је потребно КАН-а (27% N), троструког суперфосфата (48%  $P_2O_5$ ) и калијум хлорида (60%  $K_2O$ ) и калцијум карбоната (баласт-пуниоц) да би се направило 10 t мешаног ђубрива формулације 8:12:16.

## 5.16. ОДРЕЂИВАЊА САДРЖАЈА ВЛАГЕ У ОРГАНСКИМ ЋУБРИВИМА

### Принцип одређивања

Узорак за испитивање суши се у сушници до константне масе, хлади у ексикатору и мери. Из разлике масе пре и после сушења, одређује се садржај влаге.

### Апарати и опрема

- посуда за сушење
- прецизна вага
- сушница
- ексикатор

### Поступак

Термогравиметријско одређивање сушењем у сушници изводи се тако што се у посуду познате масе одмери се око 10 g влажног узорка за испитивање. Узорак са отвореном посудом за мерење и њеним поклопцем унесе се у електричну сушницу.

Узорци се суше на температури 100-105°C, јер при вишим температурама сагорева део органске материје. Сушење се врши до константне масе узорка органског ђубрива, а то је она маса када два узастопна мерења у временском размаку од 1<sup>h</sup> не показују већа одступања од 0,01 g.

### Израчунавање резултата

Обрачун се врши на апсолутно сув узорак и изражава у масеним %.

$$x = \frac{(m_2 - m_1) \times 100}{m_2 - m_0}$$

x – садржај влаге (мас. %)

m<sub>0</sub> – маса празне посуде за мерење са поклопцем (g)

m<sub>1</sub> – маса посуде са узорком и поклопцем после сушења (g)

m<sub>2</sub> – маса празне посуде са узорком и поклопцем пре сушења (g)

## 5.17. ОДРЕЂИВАЊЕ ОРГАНСКОГ УГЉЕНИКА У ОРГАНСКИМ ЋУБРИВИМА

### *Примена методе*

Метода се примењује за одређивање садржаја органског угљеника у чврстим органским ђубривима.

### *Принцип методе*

Принцип рада ове методе заснива се на оксидацији органске материје ђубрива која се врши са 0,4 N  $K_2Cr_2O_7$  са коришћењем оксидоредукционог индикатора, а то је фенилантранилна (о-дифениламинкарбонска) киселина.

### *Реагенси*

- Концентрована сумпорна киселина (сс  $H_2SO_4$ );
- Разблажена  $H_2SO_4$  (1:1);
- Натријум карбонат ( $Na_2CO_3$  р.а.);
- Калијум дихромат  $K_2Cr_2O_7$  (сушен 2 сата на  $170^\circ C$ ) за одређивање фактора 0,1 N раствора Мохрове соли;
- Раствор калијум дихромата: 0,4 N  $K_2Cr_2O_7$  се припрема растварањем 19,60 g  $K_2Cr_2O_7$  у 500 ml  $H_2O$  у одмерном балону од 1000 ml. Затим се опрезно додаје 500 ml концентроване сумпорне киселине ( $H_2SO_4$ ) уз хлађење. Након хлађења балон се допуни до ознаке разблаженом  $H_2SO_4$  (1:1).
- 0,1 N раствор Мохрове соли - припрема се растварањем 39,22 g Мохрове соли у одмерном суду од 1 l воде у коме се налази 20 ml концентроване сумпорне киселине (сс  $H_2SO_4$ ).
- Фенилантранилна киселина - 1 g Фенилантранилне киселине и 1 g  $Na_2CO_3$  ставе се у чашу, додаје се дестилована вода и мути се маса помоћу стакленог штапића до павлакастог стања. Након тога, садржај се квантитативно пребаци у одмерни балон од 500 ml, добро промућка и допуни дестилованом водом до ознаке.



### **Апаратура и и прибор**

- Аналитичка вага;
- Електрични решо;
- Ерленмајер тиквице од 100 ml;
- Лабораторијски левак (пречника 5 cm);
- Бирета од 50 ml;
- Диспензета од 10 ml;
- Пипета од 10 ml;
- Ексикатор.
- Електрична сушница

### **Поступак**

#### **Припрема узорка**

Одмери се 0,03 g претходно осушеног и самлеженог узорка у ерленмајер од 100 ml и прелије са 10 ml 0,4 N  $K_2Cr_2O_7$ . Тиквица се покрије малим левком, садржај промућка и загрева до врења, те пусти да кључа 5 мин. Скида се са грејне плоче и остави да се охлади. Левци се мало сперу водом. У тиквице се дода по 3 капи индикатора фенилантранилне киселине. Титрира се са 0,1 N раствором Мохрове соли до прелаза боје из вишњево-љубичасте у зелену.

Уз сваку серију узорака анализира се и слепа проба. Са слепом пробом се поступа на исти начин и као и са узорком за испитивање.

#### **Одређивање фактора 0,1 N раствора Мохрове соли**

Одмери се 0,1471 g осушеног  $K_2Cr_2O_7$  у ерленмајер од 100 ml, дода се мало дестиловане воде да се раствори, затим се дода 10 ml разблажене  $H_2SO_4$  (1:1), стави се на решо да се загрева 5 минута, када се охлади до собне температуре, дода се 3 капи индикатора фенилантранилне киселине и титрише се са 0,1 N раствором Мохрове соли до појаве зелене боје. Овај фактор се одређује за сваку серију анализа узорака органских ђубрива.

#### **Израчунавање резултата**

Садржај органског угљеника израчунава се на основу релације да 1 ml 0,1 N  $K_2Cr_2O_7$  утрошеног за оксидацију одговара 0,0003 g C.

На основу запремине утрошене 0,1 N Mohrove soli за титрацију испитиваног узорка и титрацију слепе пробе, садржај органског угљеника изражен у масеним процентима израчунава помоћу приказане формуле:

$$\% C = \frac{(0,0003 \times 100) \times (V_s - V_n) \times F}{M}$$

$V_s$  - број ml 0,1 N Мохрове соли утрошене за титрацију слепе пробе

$V_n$  - број ml 0,1 N Мохрове соли утрошене за титрацију испитиваног узорка.

$M$  - одвага узорка (g) (0,03)

$F$  - 30 :  $A$

$A$  - утросак 0,1 N Мохрове соли добијен титрацијом 0,1471 g осушеног  $K_2Cr_2O_7$  за одређивање фактора Мохрове соли.

## 5.18. ОДРЕЂИВАЊЕ УКУПНОГ АЗОТА, ФОСФОРА И КАЛИЈУМА У ОРГАНСКИМ ЂУБРИВИМА

### Примена методе

Метода се примењује за одређивање садржаја укупног азота, фосфора и калијума у чврстим органским ђубривима.

### Принцип методе

Узорак органског ђубрива разара се концентрованом сумпорном киселином. У добијеном раствору одређује се садржај азота (дестилацијом), фосфора (методом спектрофотометрије) и калијума (методом пламенефотометрије).

### Реагенси

- Концентрована сумпорна киселина (сс  $\text{H}_2\text{SO}_4$ );
- Раствор 0,005 N сумпорне киселине: 5 ml 1 N  $\text{H}_2\text{SO}_4$  сипати у одмерни суд од 1 l и допунити водом до ознаке (1 N  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , 28 ml сс  $\text{H}_2\text{SO}_4$  сипати у одмерни суд од 1 l и допунити водом до ознаке.
- Концентрована перхлорна киселина (сс  $\text{HClO}_4$ );
- Смеша сумпорне и перхлорне киселине у односу 1:1;
- Раствор натријум хидроксида (10 N NaOH): растворити 400g NaOH у 900 ml дестиловане воде у одмерном суду од 1 l. Након хлађења до собне температуре, допунити дестилованом водом до црте и добро промућкати;
- Борна киселина са индикатором: растворити 100 g борне киселине ( $\text{H}_3\text{BO}_4$ ) у 3,5l дестиловане воде, додати 100 ml мешаног индикатора и оставити да стоји 24 h. Након тога допунити водом до ознаке 5l и подесити pH= 5 са 0,1 N NaOH (4g NaOH у 1 l воде);
- Раствор 8 N сумпорне киселине: 224 ml концентроване  $\text{H}_2\text{SO}_4$  растворити у 1 l дестиловане воде;
- Раствор 1,44 % амонијум молибдата: 14,4 g амонијум молибдата ( $(\text{NH}_4)_6\text{MoO}_{24} \times 4 \text{H}_2\text{O}$ ) у 600 ml дестиловане воде у одменом суду од 1 l. Након хлађења одмерни суд допунити дестилованом водом до ознаке.
- 3.9. Раствор 2,5 % аскорбинске киселине: 2,5 g аскорбинске киселине растворити у 100 ml дестиловане воде;
- Калијум-дихидроген-фосфата ( $\text{K}_2\text{H}_2\text{PO}_4$ );
- Калијум-хлорид (KCl).
- Основн стандардни раствор фосфора који садржи 1g  $\text{P}_2\text{O}_5$ /l: одмери се 1,9170 g калијум-дихидроген-фосфата ( $\text{K}_2\text{H}_2\text{PO}_4$ ), претходно осушеног у електричној сушници на 105 °C до константне масе. Одмерена количина се пренесе у чашу погодне запремине и раствори у води. Раствор се из чаше квантитативно пренесе у одмерну боцу од 1000 ml, разблажи водом до ознаке и промеша.

- Основни стандардни раствор калијума који садржи 5 mg K /ml: одмерити се 0,9534 g калијум-хлорида (KCl), претходно осушеног у електричној сушници на 105 °C до константне масе. Одмерена количина се пренесе у чашу погодне запремине и раствори у води. Раствор се из чаше квантитативно пренесе у одмерни суд од 100 ml, разблажи водом до ознаке и промеша.

### *Лабораторијска опрема и прибор*

- Аналитичка вага;
- Електрични решо;
- Ерленмајер тиквице од 100 ml;
- Лабораторијски левак (пречника 5 cm);
- Бирета од 50 ml;
- Дисперзета од 10 ml;
- Пипета од 5 ml и 10 ml;
- Ексикатор.
- Електрична сушница
- Филтер папир (киселинско отпорни);
- Стаклена чаша од 100 ml;
- Одмерни балон од 100 ml и 1000 ml;
- Колба за дестилацију;
- Апаратура за дестилацију по Бремнеру.
- UV/VIS Спектрофотометар са киветама дужине оптичког пута 1 cm.
- Пламенфотометар, са пламеником који се напаја бутаном и ваздухом и оптичким филтером за калијум.

### *Поступак*

#### *Припрема матичног раствора у коме се одређује концентрација азота, фосфора и калијума*

Одмери се 1 g ваздушно сувог и самлевеног узорка на аналитичкој ваги и пренесе у ерленмајер од 100 ml. Прелије се са 10 ml концентроване сумпорне киселине и прекрије стакленим левком. Загревати благо на решоу на температури 100-150 °C у трајању од 15 минута. Након тога охладити до собне температуре и додати 10 капи смеше сумпорне и перхлорне киселине у односу 1:1. Кувати на решоу на температури 250-300 °C у трајању од 15 минута, до обезбојавања смеше. По потреби додавати смешу сумпорне и перхлорне киселине неколико пута.

Након хлађења, филтрирати у одмерни суд од 100 ml преко филтер папира отпорног на киселине, допунити до ознаке. Из овако припремљеног раствора се даље одређују концентрације укупног азота, фосфора и калијума.

### **Одређивање укупног азота**

Одпипетира се 5 ml матичног раствора и пренет се у дестилациону колбу која се фиксира на апаратуру за дестилацију по Бремнеру. Из левка апаратуре пажљиво се дода 10 ml раствора 10 N NaOH. Испод врха кондензатора поставити ерленмајер од 100 ml у коме се налази 5 ml борне киселине са индикатором за одређивање минералног азота. Затвори се довод водене паре и сачека да се добије 35 ml кондензата. Титрација се врши са 0,005 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, до завршене тачке титрације, односно промене боје раствора из зелене у ружичасту која је стабилна.

Упоредо са узорцима врши се и припрема слепе пробе која садржи све реагенсе сем узорка за испитивање.

### **Израчунавање садржаја укупног азота**

Израчунавање садржаја укупног азота врши се на основу утрошка 0,005 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> за титрацију кондензата након дестилације матичног раствора.

1 ml 0,005 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> = 67,3 µg N

$$\% \text{ N} = \left( \frac{(V_u - V_s) \times 67,3 \times 20}{1\,000\,000} \right) \times 100\%$$

Где је:

V<sub>u</sub> – запремина утрошка 0,005 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> за титрацију испитиваног узорка (ml);

V<sub>s</sub> – запремина утрошка 0,005 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> за титрацију слепе пробе (ml);

## Одређивање фосфора

### Припрема узорка за испитивање

Одпипетирати 5 ml од матичног раствора и пренети у одмерни суд од 100 ml. Додавати редом, 6,75 ml 8 N сумпорне киселине; 10 ml 1,44 % амонијум молибдата; и 2 ml 2,5 % аскорбинске киселине, додати дестиловане воде да се постигне запремина од око 50 ml и отворен одмерни суд ставити у сушницу на 90 °C у трајању од 1 h у циљу развијања боје. Упоредо припремити слепу пробу која садржи све реагенсе изузев узорка за испитивање.

Након хлађења до собне температуре врши се читавање на спектрофотометру при таласној дужини 580 nm.

### Припрема серије стандардних раствора за фосфор

Од основног стандардног раствора за фосфор (тачка 3.12) одпипетирати 100 ml и пренети и одмерни суд од 1 l. Овако припремљен радни стандардни раствор садржи 0,1 g  $P_2O_5$ /l. У одмерне судове од 100 ml пренети различите запремине радног стандардног раствора према Табели 39.

Табела 39. Припрема серије стандардних раствора за фосфор

| Запремина стандардног раствора фосфора (ml) | Одговарајућа маса фосфора ( $P_2O_5$ ) (mg) |
|---------------------------------------------|---------------------------------------------|
| 0*                                          | 0*                                          |
| 1                                           | 0,001                                       |
| 2,5                                         | 0,0025                                      |
| 5,0                                         | 0,005                                       |
| 7,5                                         | 0,0075                                      |
| 10,0                                        | 0,010                                       |
|                                             |                                             |

\*раствор слепе пробе.

Даље се у сваки одмерни суд редом додај 9 ml 8 N  $H_2SO_4$ , 10 ml 1,44 % амонијум молибдата; и 2 ml 2,5 % аскорбинске киселине и једна кап перхлорне киселине. Додаје се

дестилована вода да се постигне запремина од око 50 ml и отворен одмерни суд ставити у сушницу на 90 °C у трајању од 1 h у циљу развијања боје. Упоредо се припрема слепа пробак која садржи све реагенсе изузев узорка за испитивање. Након хлађења до собне температуре врши се читавање на спектрофотометру при таласној дужини 580 nm.

## Спектрофотометријско мерење серије стандардних раствора и узорка за испитивање

Спектрофотометријско мерење серије стандардних раствора и узорка за испитивање врши се помоћу спектрофотометра на таласној дужини 580 nm, уз употребу кивете са дужином оптичког пута 1 cm. Прво се врши мерење раствора слепе пробе и подешавање спектрофотометра на нулу за вредност апсорбације. Након тога врши се читавање апсорбације серије стандардних раствора и врши конструисање калибрационе криве где се на апцису уносе количине  $P_2O_5$ , у mg, које се садрже у 1 l стандардног раствора, а на ординату одговарајуће вредности апсорбације. Након читавања серије стандардних раствора и конструисања калибрационе криве, врши се спектрофотометријско мерење раствора узорка за испитивање и читавање апсорбације.

## Израчунавање

Помоћу калибрационе криве одреди се маса фосфора која одговара измереним вредностима апсорбације раствора узорка за испитивање. Садржај фосфора изражен као  $P_2O_5$  у процентима масе, израчунава се према обрасцу:

$$\% P_2O_5 = \frac{C \times 20}{1\,000} \times 100\%$$

Где је:

C – концентрације фосфора у раствору узорка за испитивање (mg/l), скинута са калибрационе криве.

## Одређивање калијума

### Припрема узорка за испитивање

Концентрација калијума у матичном раствору одређује се директним читавањем на пламенфотометру.

### Припрема серије стандардних раствора за калијум

Од основног стандардног раствора за калијум (тачка 3.13) у одмерне судове од 100 ml преносе се различите запремине раствора према Табели 40:

**Табела 40.** Припрема серије стандардних раствора за калијум

| Запремина стандардног раствора калијума (ml) | Одговарајућа маса калијума (mg K / ml) |
|----------------------------------------------|----------------------------------------|
| 0*                                           | 0*                                     |
| 2                                            | 0,1                                    |
| 4                                            | 0,2                                    |
| 6                                            | 0,3                                    |
| 8                                            | 0,4                                    |
| 10                                           | 0,5                                    |

\*раствор слепе пробе.

### Очитавање серије стандардних раствора и раствора узорка за испитивање на пламенфотометру

Пламенфотометар се укључи и остави довољно времена да се стабилизује (око 15 минута). Подеси се оптички филтер за читавање концентрације калијума у раствору (766,55 nm), и одговарајућа осетљивост инструмента у зависности од концентрације раствора (за анализе ђубрива подешава се на мању осетљивост). Прво се врши читавање раствора слепе пробе којим се врши калибрисање инструмента на нулу а затим се врши читање раствора највеће концентрације којим се инструмент подешава да читава највећу вредност интезитета емитоване светлости (углавном 100). Након тога врши се читавање осталих раствора из серије при чему се између два мерења усисава дестилована вода (испирање) у пламеник. Након читавања серије стандардних раствора конструише се калибрациона крива тако што се на апцису уносе количине (маса) калијума, у mg, које се садрже у 1 ml (из табеле), а на ординату се уносе одговарајуће вредности емитоване светлости (читања на пламенфотометру) за сваки стандарни раствор из серије. Након читавања серије стандардних раствора и конструисања калибрационе криве, на идентичан начин врши се читавање раствора узорка за испитивање.



## Израчунавање

Помоћу калибрационе криве одреде се количине калијума које одговарају измереним вредностима интензитета емитоване светлости (емисије) раствора узорка за испитивање. Садржај калијума, изражен као  $K_2O$ , у процентима масе, израчунава се по обрасцу:

$$K_2O \% (m/m) = \left( \frac{C \times 10}{M} \right) \times 10 \times 1,20046$$

Где је:

C – концентрација калијума у раствору узорка за испитивање очитана са калибрационе криве (mg K / ml);

M – одвага узорка (1 g);

1,20046 – коефицијент за прерачунавање калијума (K) у калијум оксид ( $K_2O$ ).

## 6. ВЕГЕТАЦИОНИ ОГЛЕДИ

Принос гајених биљака ограничен је генетским потенцијалом родности, агроеколошким условима и примењене агротехнике. Генетски потенцијал родности неке биљне врсте може се остварити само уколико су сви фактори који утичу на висину приноса на оптималном нивоу, што се у производним условима готово никада не дешава, те је висина приноса ограничена фактором који се налази у минимуму. У том смислу принос се може представити кривом која расте као функција свих фактора до величине генетског потенцијала са приносом који недостаје до максималног.

Вегетациони огледи спадају у најпоузданије методе истраживања у пољопривреди, јер се за разлику од неких других метода истраживања врше у пољским/производним условима. На тај начин се је могуће сагледати дејство фактора који се испитује при интеракцијама са агроеколошким условима у којима се биљке гаје.

### 6.1. Агрохемијски вегетациони огледи

За нормалан раст и развој биљака неопходно је 17 хемијских елемената. Неке од ових елемената биљка усваја из ваздуха (угљеник и кисеоник), док највећи део усваја из земљишног раствора, односно земљишта. Хемијски елементи које биљка усваја из земљишта налазе се у различитим облицима који су у мањој или већој мери приступачни гајеним биљкама.

У природним условима раст и развој биљака ограничен бројним факторима спољашње средине међу којима је и плодност земљишта. Са друге стране у пољопривредној производњи се тежи максималним, економски оправданим, приносима гајених култура. За остварење високих и стабилних приноса, неопходно да се хранљиви елементи налазе у земљишту у приступачним облицима за гајене биљке и у оптималним количинама. Врло често се на парцели планирају приноси који нису у складу са природном плодношћу земљишта, па је на таквим парцелама, за остваривање планираних приноса, неопходна примена хранљивих елемената у виду ђубрива. У том смислу применом ђубрива се смањује разлику између потребе биљака за хранљивим елементима и способности земљишта да задовољи потребе биљака у хранљивим елементима. Из тог разлога, оптимална примена ђубрива могућа је само уколико је познат садржај хранљивих елемената у земљишту, са једне, и потребе гајене биљке, са друге стране. Оптимална и избалансирана примена ђубрива у потпуности задовољава потребе биљака, и не доводи до прекомерног повећања хранива у земљишту, који услед испирања могу имати негативан утицај на животну средину. На тај начин омогућава се рационална и економски исплатива биљна производња, при којој се остварује највећи могући принос у датим агроеколошким условима, уз истовремену заштиту животне средине.

Полазна тачка приликом ђубрења је одређивање плодности земљишта, како би знали које хранљиве елементе треба применити и у којој количини. За одређивање плодности земљишта данас се углавном користе хемијске анализе којима се може измерити садржај приступачних облика хранљивих елемената у земљишту и проценити плодност земљишта. Са друге стране

хемијским анализама гајених биљака (надземна маса и корен) може се измерити колико је изношење хранива кроз принос, односно колике су потребе гајених биљака за различитим елементима, па на основу тога одредити врсту и количину ђубрива које трена применити. Међутим, потребе гајених биљака у хранљивим елементима значајно се разликују у зависности од биљне врсте, сорте или хибрида, фенофазе развоја, агроеколошких услова током године и многих других фактора. Такође, хемијске анализе не дају одговоре на питања као што су које је оптимално време примене ђубрива, начин примене ђубрива или у ком облику је најбоље применити неки хранљиви елемент. Из свега наведеног, може се закључити да је најсигурнија метода за процену плодности земљишта и одређивање стварних протребга гајених биљака за хранљивим елементима, метода вегетационих огледа.

Вегетациони оглед даје квантитативне карактеристике утицаја ђубрива у производним условима, па се он с правом може сматрати последњом кариком у систему агрохемијских испитивања. Тако су вегетациони огледи не само последња етапа у истраживању, већ и мост који повезује пољопривредну науку са пољопривредном праксом (Убавић и Богдановић, 2006).

### 6.1.1. Основни принципи методе вегетационих огледа

Вегетациони оглед као метод истраживања у пољопривреди је представља систематско поређење различитих фактора производње на малој површини земљишта. Дејство фактора оцењује на основу одговора саме биљке, односно мерењем висине приноса, квалитета приноса или неких других карактеристика гајених биљака. Фактори производње чије се дејство прати називају се третмани. Уколико желимо да утврдимо утицај примене ђубрива на повећање приноса гајене културе на неком земљишту, најједноставнији вегетациони оглед би био да се цела пацрела подели на два једнака дела. На једној половини се примени ђубриво и на целој парцели посеје иста пољопривредна култура која се до краја вегетације негује на идентичан начин (Слика 42). Мерењем и поређењем приноса који су остварени на свакој половини парцеле, долази се до закључка од дејству испитиваног фактора, односно примене ђубрива.



Слика 42. Пример вегетационог огледа

### 6.1.2. Врсте вегетационих огледа

Предмет истраживања агрохемијских вегетационих огледа може бити било која агротехничка мера која има директан или индиректан утицај на исхрану биљака. Међутим у зависности од циља истраживања, дужине трајања огледа, величине огледне парцеле и локације логледа, вегетациони огледи могу се поделити у три основне групе:

#### *Егзактни или научни вегетациони огледи*

Егзактни вегетациони огледи се постављају у циљу решавања конкретног научног проблема. Овим огледима се добијају одговори на конкретна научна питања, као што су коју врсту ђубрива је потребно применити на неком земљишту, у којој количини, на који начин или у које време. Пошто се истраживања изводе у пољским условима где на принос гајених биљака поред примењених третмана велики утицај имају различити фактори спољашње средине (температура, падавине, плодност земљишта и др.), огледи се морају понављати дужи низ година како би се добио поуздан закључак о дејству испитивног фактора.

#### *Демонстрациони вегетациони огледи*

Сврха постављања демонстрационих пољских огледа је пропагирање неке нове агротехничке мере, сорте или хибрида, врсте ђубрива и сл. Овим огледима се не добијају никакви одговори, нити се решавају конкретни проблеми у пољопривредној производњи, већ искључиво имају за циљ да скрену пажњу и презентују предности неке нове агротехничке мере, сорте, ђубрива и др. Из тог разлога ова врста огледа се углавном поставља на видним и прометним местима, поред пута или стаза како би био презентован што већем броју посматрача (Слика 43).



**Слика 43.** Пример демонстрационог огледа са различитим сортама пшенице.

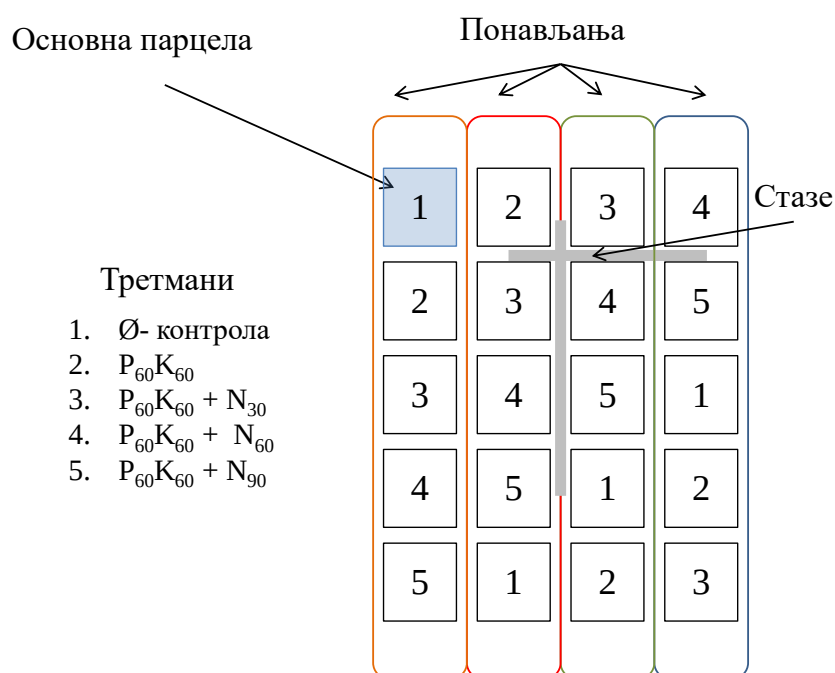
### Производни вегетациони огледи

Услови у којима се спроводе научни вегетациони огледи врло често се доста разликују у односу на производне услове. Приликом спровођења научног огледа, све агротехничке операције се углавном спроводе благовремено, па се може рећи да гајене биљке расту у повољнијим условима у односу на производне услове. Из тог разлога пре имплементације у широку пољопривредну праксу, резултати добијени у научним огледима, морају се потврдити и у производним условима. Производни вегетациони оглед се поставља на производној парцели која може бити различите величине, и на њој се изводе све агротехничке мере, са истом механизацијом како што је то случај у широкој пољопривредној пракси. У производном вегетационом огледу се изводе сва опажања и мерења, како би се још једном потврдили резултати научног вегетационог огледа, а пре њиховог увођења у праксу.

#### 6.1.3. Елементи научних вегетационих огледа

Основни елементи од којих се састоји сваки научни вегетациони оглед су:

- Основна парцела огледа
- Третман (варијанта)
- Понављања
- Стазе
- Заштитни појас



Слика 43. Основни елементи пољског огледа

**Основна парцела** је површина земљишта на којој је примењен један третман. Основна парцела може бити правоугаоног или квадратног облика. Површина основне парцеле се креће од 5 m<sup>2</sup> до 100 m<sup>2</sup>. Површина основне парцеле разликује се у зависности од:

- биљне врсте
- густине склопа (међуредни размак сетве и број биљака по јединици површине)
- доступности семена (код стварања нових сорти и хибрида ограничена је количина семена)
- начина одржавања огледа током вегетације (ручна обрада земљишта или механизована)
- параметара који се прате (уколико се поред приноса анализирају и други параметри где је потребно узорковати биљке са парцеле, неопходна је већа површина како би било довољно материјала за све анализе)
- хетерогености земљишта (уколико се плодност земљишта разликује на малим удаљеностима, већа површина парцеле је подеснија)
- укупне површине земљишта за извођење огледа
- броја понављања третмана (како би се избегао утицај хетерогености земљишта сваки примењени третман понавља се најмање три пута на истој парцели на којој се поставља оглед).

У зависности од величине основне парцеле оглед може бити:

- **Нормалан оглед** – површина основе парцеле је површине 25-100 m<sup>2</sup>, у зависности од гајене културе и примењене агротехнике.
- **Микро-оглед** – површина основне парцеле је 1-15 m<sup>2</sup>. Микро-оглед се поставља у случајевима када се анализира утицај већег броја третмана, или се располаже са малом површином земљишта погодном за извођење огледа. Такође, када се располаже малом количином семенског материјала, или су ограничена материјална средства поставља се микро-оглед.
- **Макро-оглед** – површина основне парцеле се креће од 200 до 5000 m<sup>2</sup>. Код ове врсте огледе све агротехничке операције од сетве до жетве су механизоване. Демонстрациони и производни огледи се углавном постављају као макро-огледи.

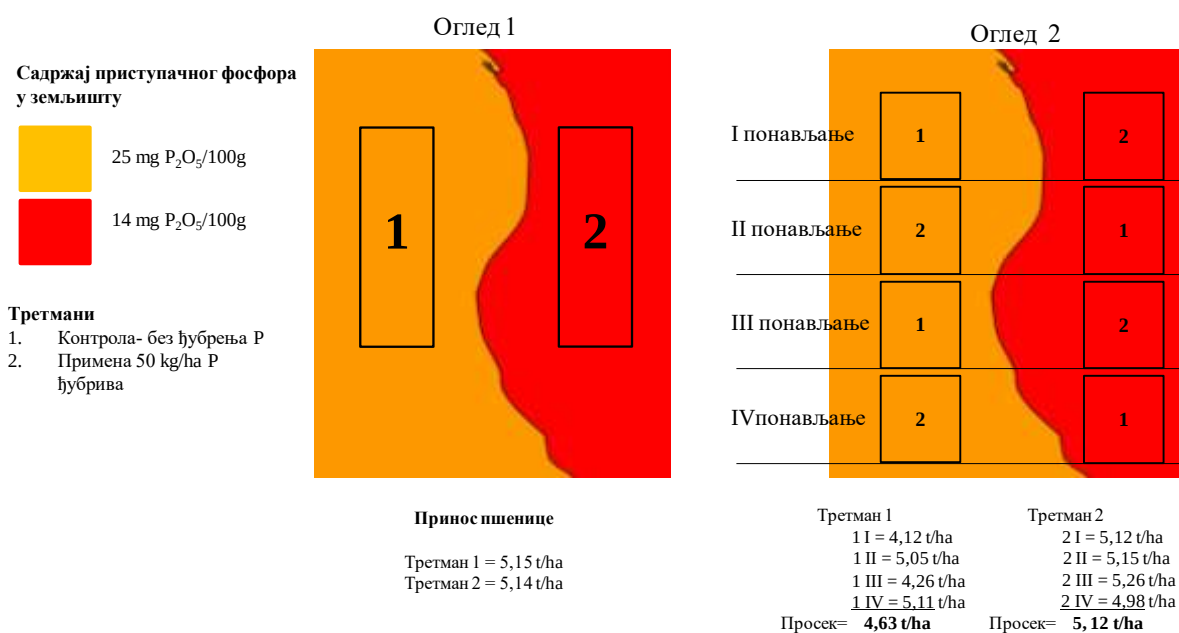
**Третман/Варијанта** огледа претставља фактор, односно агротехничку меру, чије се дејство испитује у огледу. У зависности од тога шта је предмет испитивања, сваки вегетациони оглед може имати један или више третмана. Третманима се долази до одговора на постављено научно питање. На пример, уколико желимо да испитамо утицај примене азотног ђубрива на принос кукуруза, оглед би се састојао од најмање два третмана. Први третман би била контрола, односно парцела на којој не би применили азотно ђубриво, док би други третман била парцела где би применили одређену количину азотног ђубрива. На обе парцеле посејао

би се исти хибрид кукуруза, и спроводила идентична агротехника све до жетве. На основу разлике у оствареним приносима кукуруза оценио би се утицај примене азотног ђубрива на принос кукуруза.

Према броју фактора/третмана који се испитују, оглед може бити:

- Монофакторијални, када се у огледу анализира утицај само једног фактора (нпр. одређивање оптималне дозе азотног ђубрива).
- Полифакторијални, када се истовремено анализира утицај два или више фактора (нпр. одређивање оптималне дозе и облика азота у азотним ђубривима).

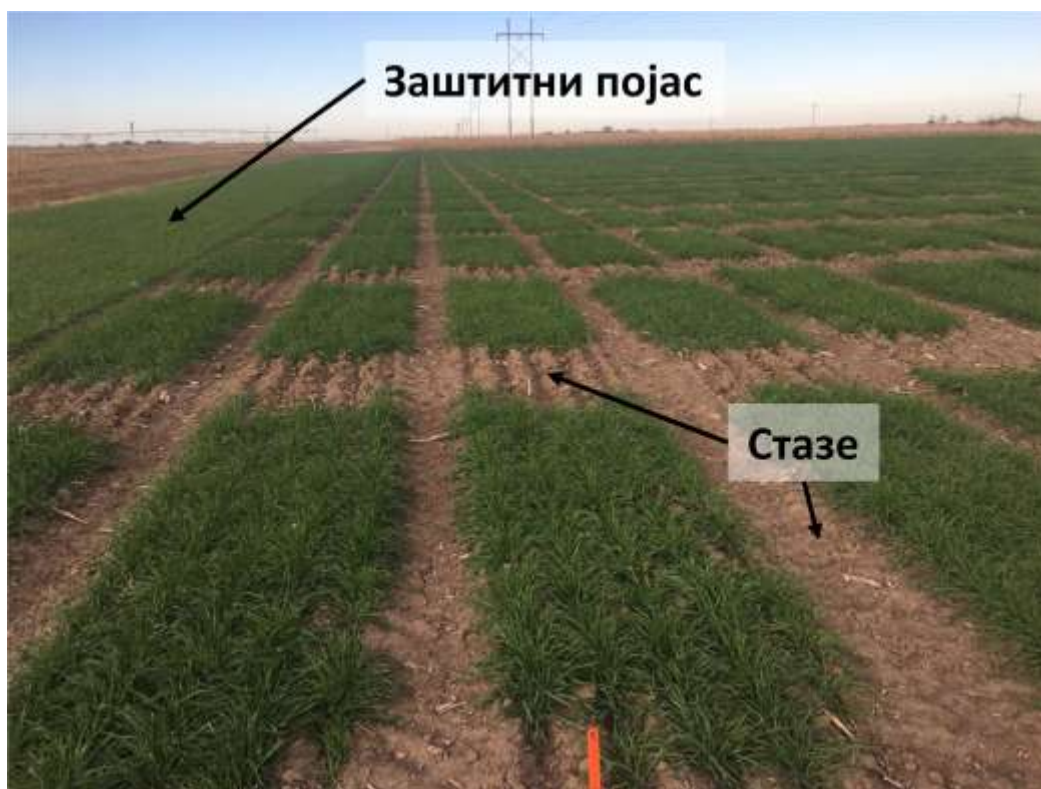
**Понављања** или репетиције огледа. Сваки третман који је примењен на основној парцели мора да се понови у простору како би се елиминисао утицај хетерогености земљишта на принос гајених биљака. Такође, а овај начин сваки третман огледа поставља се у на неколико локација (најмање три) у оквиру огледног поља, што омогућава да третман обухвати неуједначеност огледног поља (Слика 44). Што је већи број понављања, већа је и тачност добијених резултата и поузданост закључака.



**Слика 44.** Шематски приказ утицаја плодности земљишта и примене фосфорних ђубрива на принос пшенице

**Заштитни појас** је површина земљишта око огледне парцеле у ширини 3-4 m са бочних страна, и 10-15 m са чеоних страна. Обично се заштитни појас засејава истом културом која се налази у огледу (Слика 45). Заштитни појас се поставља у циљу заштите огледа од физичких оштећења од стране људи, домаћих животиња или птица.





**Слика 45.** Стазе за комуникацију и заштитни појас у огледу са пшеницом

**Стазе огледа.** Током спровођења пољског огледа неопходно је да се примењују све агротехничке мере као што су сузбијање корова, примена средстава за заштиту биљака и др. Из тог разлога основне парцеле огледа формирају се тако да између њих постоје стазе које омогућавају несметано кретање по огледу (Слика 45). Ширина стазе се углавном креће од 0,5 m до 1 m.

#### 6.1.4. Методе постављања вегетационих огледа

Приликом постављања огледа распоред третмана и понављања на огледној парцели се врши на основу одабира методе за спровођење вегетационог огледа. Иако постоји велики број различитих метода по којима се може спроводити вегетациони огледи, данас се у пољопривредној науци највише користе Латински квадрат, Блок систем и *Split-plot* метод (план подељених парцелица).

Одабир методе/начина постављања огледа зависи од броја фактора који се анализира у огледу (монофакторијални или полифакторијални), укупног броја третмана, врсте третмана, хомогености плодности земљишта и др.

**Латински квадрат** је метод постављања огледа код кога је број третмана једнак броју понављања (3 x 3; 4 x 4; 5 x 5; 6 x 6). Овај метод се углавном користи када се и огледу примењује мањи број третмана (до 6 третмана). Третмани у понављањима могу бити распоређени на огледој парцели по систематском или несистематском распореду (рандомизирано) (Слика 46).



|                  |   | Понављања (n = 4) |     |    |  |
|------------------|---|-------------------|-----|----|--|
| Третмани (n = 4) | I | II                | III | IV |  |
|                  | 1 | 2                 | 3   | 4  |  |
|                  | 2 | 3                 | 4   | 1  |  |
|                  | 3 | 4                 | 1   | 2  |  |
|                  | 4 | 1                 | 2   | 3  |  |

|                  |   | Понављања (n = 4) |     |    |  |
|------------------|---|-------------------|-----|----|--|
| Третмани (n = 4) | I | II                | III | IV |  |
|                  | 4 | 2                 | 1   | 3  |  |
|                  | 1 | 3                 | 2   | 4  |  |
|                  | 3 | 1                 | 4   | 2  |  |
|                  | 2 | 4                 | 3   | 1  |  |

**Слика 46.** Латински квадрат са систематским распоредом (лево) и несистематским распоредом третмана (десно).

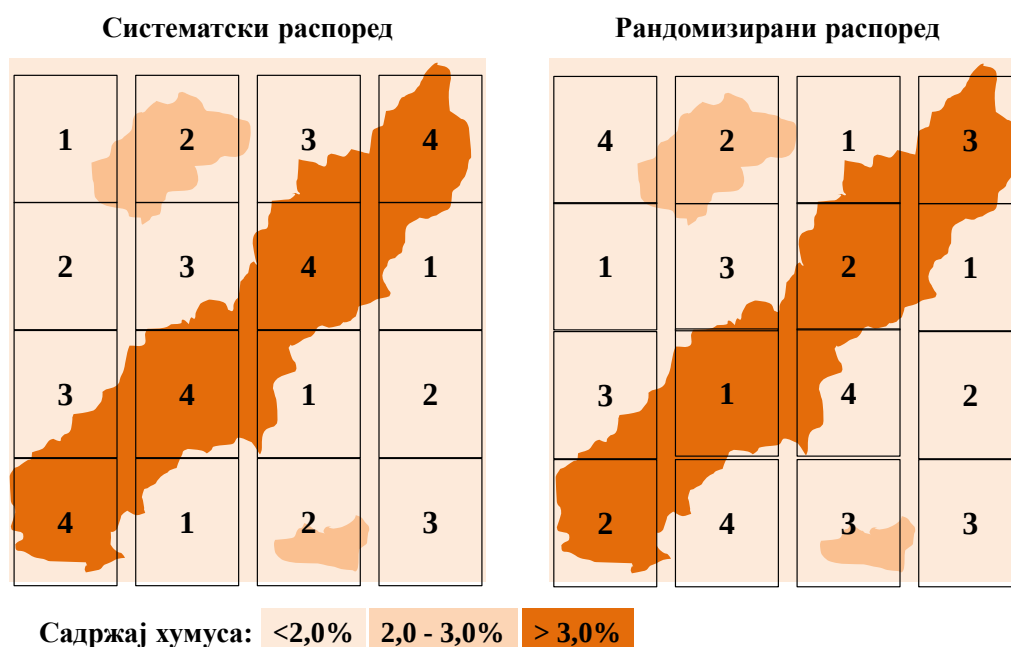
**Блок систем** је метод постављања огледа који се углавном користи када се у огледу испитује утицај већег броја третмана. За разлику од Латинског квадрата код кога је број третмана једнак броју понављања, код Блок система број третмана је углавном већи од броја понављања. Блок претстаља једну серију свих третмана у огледу, а третмани у оквиру сваког блока могу бити распоређени по систематском или несистематском (рандомизираним) распореду (Слика 47).

|                  |   | Блокови / Понављања (n = 4) |     |    |  |
|------------------|---|-----------------------------|-----|----|--|
| Третмани (n = 7) | I | II                          | III | IV |  |
|                  | 1 | 2                           | 3   | 4  |  |
|                  | 2 | 3                           | 4   | 5  |  |
|                  | 3 | 4                           | 5   | 6  |  |
|                  | 4 | 5                           | 6   | 7  |  |
|                  | 5 | 6                           | 7   | 1  |  |
|                  | 6 | 7                           | 1   | 2  |  |
|                  | 7 | 1                           | 2   | 3  |  |

|                  |   | Блокови / Понављања (n = 4) |     |    |  |
|------------------|---|-----------------------------|-----|----|--|
| Третмани (n = 7) | I | II                          | III | IV |  |
|                  | 4 | 2                           | 1   | 7  |  |
|                  | 1 | 3                           | 5   | 2  |  |
|                  | 3 | 5                           | 4   | 6  |  |
|                  | 2 | 7                           | 3   | 1  |  |
|                  | 5 | 6                           | 7   | 4  |  |
|                  | 6 | 4                           | 2   | 3  |  |
|                  | 7 | 1                           | 6   | 5  |  |

**Слика 47.** Блок систем са систематским распоредом (лево) и несистематским распоредом третмана (десно).

Код агрохемијских огледа, без обзира да ли се оглед поставља по методи Латинског квадрата или Блок система, предност приликом распоређивања третмана треба дати рандомизираним распореду. Код систематског распореда третмана, сва понављања једног третмана ређају се у правилном низу. Овакав распоред може довести до тзв. систематске грешке услед хетерогености земљишта у погледу плодности. Односно може се десити да се плодност земљишта значајно разликује у линији распореда третмана. У том случају сва понављања једног третмана могу бити распоређена на делу парцеле које се одликује већом или мањом плодност у односу на остале третмане (Слика 48). Са друге стране рандомизирани распоред понављања третмана омогућује насумични распоред основних парцела на огледној површини чиме се равномерно обухвата хетерогеност земљишта



**Слика 48.** Положај понављања третмана код систематског и рандомизираниог распореда у односу на хетерогеност земљишта у погледу садржаја хумуса.

**План подељених парцела** (*Split plot method*) је метод постављања огледа где се истовремено жели утврдити утицај више фактора (третмана) и сагледати међусобне интеракције између појединих фактора (Слика 49).

## План подељених парцела (*Split plot method*)

| N1 |    |    | N2 |    |    | N3 |    |    | Третмани:<br><br>N1 = 0 kg/ha<br>N2 = 50 kg/ha<br>N3 = 100 kg/ha<br><br>P1 = 0 kg/ha<br>P2 = 50 kg/ha<br>P3 = 100 kg/ha<br><br>K1 = 0 kg/ha<br>K2 = 50 kg/ha<br>K3 = 100 kg/ha |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| P1 | P2 | P3 | P1 | P2 | P3 | P1 | P2 | P3 |                                                                                                                                                                                |
| K1 | K2 | K3 | K2 | K1 | K3 | K2 | K3 | K1 |                                                                                                                                                                                |
| K2 | K3 | K1 | K3 | K2 | K1 | K3 | K1 | K2 |                                                                                                                                                                                |
| K3 | K1 | K2 | K1 | K3 | K2 | K1 | K2 | K3 |                                                                                                                                                                                |

Слика 49. План подељених парцела (*Split plot method*)

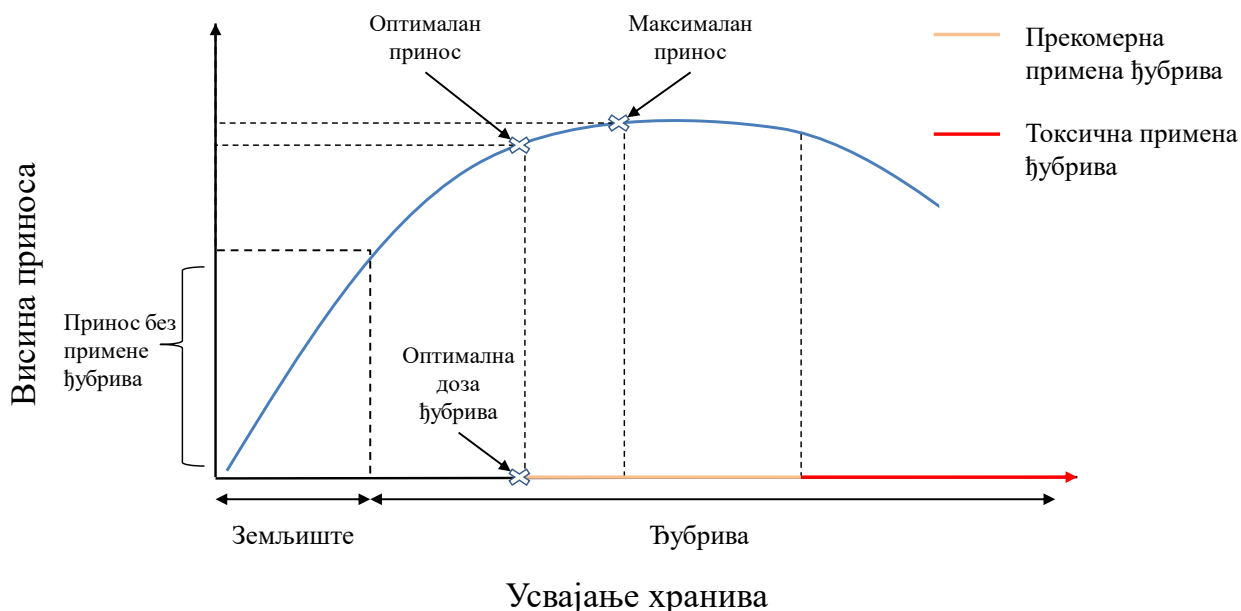
### 6.1.5. Калибрациони огледи

Основни задатак примене ђубрива је довођење садржаја хранљивих елемената у земљишту на оптималан ниво који ће обезбедити постизање високих приноса. У том смислу поставља се питање коју врсту ђубрива (хранљиви елемент) треба применити и у којој количини како би смо остварили планиране приносе. Како би смо добили одговор на ово питање неопходно је одредити плодност земљишта. Генерално, што је плодност земљишта већа, потребно је применити мање ђубрива за постизање планираног приноса, и обрнуто. За одређивање плодности земљишта, данас се готово искључиво користе хемијске анализе земљишта којима се одређују хемијска својства на основу којих је могуће сагледати који хранљиви елемент треба применити и у којој количини, у зависности од гајене биљне врсте.

Хемијским анализама се поред осталих параметара као што су рН вредност, садржај органске материје, садржај калцијум-карбоната, одређује и садржај „приступачних“ облика хранљивих елемената у земљишту. Да би се измерио садржај приступачних облика хранљивих елемената у земљишту неопходно је извршити њихову екстракцију из земљишта и превести их у раствор у коме се касније одређује њихова концентрација. Основни принцип је да се за екстракцију хемијских елемената користе раствори који ће симулирати коренов систем гајених биљака. Углавном се као екстракциона средства користе раствори соли, слабе киселине или дестилована вода. Претпоставља се да ће екстракционо средство из земљишта издвојити део садржаја хранљивих елемената (од укупног садржаја) који биљка може да усвоји кореновим системом. на основу Хемијске анализе спадају у најподесније методе за процена плодности земљишта са становишта економичности, брзине, прецизности, али имају и неколико битних недостатака. Прво, биљне врсте се у великој мери разликују према могућности да усвајају различите облике хранљивих елемената из земљишта, у зависности од анатомских и морфолошких особина кореновог система. У том смислу, може се десити да је измерени садржај приступачних облика неког хранљивог елемента у земљишту, заиста приступачан неким биљним врстама у целости, док друге биљне врсте могу да усвоје само део од

измерених приступачних облика. Даље, приликом хемијске анализе екстракција приступачних облика хранљивих елемената је временски ограничена и углавном траје од неколико минута до неколико часова. Са друге стране, биљке имају на располагању много више времена, целу вегетацију да усвоје (екстрахују) хранљиве елементе из земљишта. На крају, бројчане вредности које добијемо након хемијске анализе садржаја приступачних облика неког хранљивог елемента нам не говоре шта то значи са становишта исхране биљака. Из наведених разлога, постављају се калибрациони огледи којима је основни задатак да се утврди шта за биљку значи одређени садржај приступачних облика неког хранљивог елемента у земљишту. Калибрационим огледима се проналази и описује веза између садржаја хранљивих елемената у земљишту, који је измерен хемијском анализом, и приноса гајених биљака.

Након спроведених калибрационих огледа могуће је одредити граничене вредности садржаја приступачних облика неког хранљивог елемента и извршити класификацију земљишта на сиромашно, средње обезбеђено и добро безбеђено земљиште. У том смислу калибрациони огледи служе да омогуће исправну интерпретацију добијених резултата хемијске анализе земљишта. Ипак, резултати хемијске анализе и класификација земљишта према обезбеђености неким хранљивим елементом не дају информације о количини ђубрива које је потребно применити за економски оправдано повећање приноса. Калибрационим огледима се може вршити оптимизација ђубрења у циљу одређивања дозе ђубрења при којој се постижу оптимални приноси (приноси при којима се остварује највећа економска добит) (Слика 50).



**Слика 50.** Крива висине приноса у зависности од примене ђубрива

### 6.1.6. Примери агрохемијских вегетационих огледа

Вегетационим огледима могу се решавати бројни проблеми из области плодности земљишта и примене ђубрења као што су:

- Утврђивање потребе за ђубрењем земљишта (одређивања недостатака хранљивих елемената у земљишту);
- Утврђивање најповољније дозе ђубрива;
- Утврђивање наповољнијег облика хранљивог елемента који се примењује у виду ђубрива;
- Утврђивање недостатака микроелемената у земљишту;
- Утврђивање најпогоднијег начина примене ђубрива;
- Утврђивање најпогоднијег времена примене ђубрива;
- Утврђивање интеракције између различитих агротехничких мера и примене ђубрива.

**Пример 1.** Утврђивање потребе за ђубрењем земљишта (одређивања недостатака хранљивих елемената у земљишту).

Задатак: Написати третмане којима се жели утврдити потреба за ђубрењем земљишта макроелементима (N, P и K), и нацртати шему пољског огледа који се поставља по методи Блок система са систематским распоредом третмана.

Третмани огледа:

1.  $\emptyset$  – контрола (без примене ђубрива)

2. N – 100 kg ha<sup>-1</sup>

3. P – 50 kg ha<sup>-1</sup>

4. K – 50 kg ha<sup>-1</sup>

5. NP

6. NK

7. PK

8. NPK

| Третмани (n = 8) | Блокови / Понављања (n = 4) |    |     |    |
|------------------|-----------------------------|----|-----|----|
|                  | I                           | II | III | IV |
|                  | 1                           | 2  | 3   | 4  |
|                  | 2                           | 3  | 4   | 5  |
|                  | 3                           | 4  | 5   | 6  |
|                  | 4                           | 5  | 6   | 7  |
|                  | 5                           | 6  | 7   | 8  |
|                  | 6                           | 7  | 8   | 1  |
|                  | 7                           | 8  | 1   | 2  |
|                  | 8                           | 1  | 2   | 3  |

## Пример 2. Утврђивање најповољније дозе ђубрива

Задатак: Написати третмане којима се жели утврдити оптимална доза ђубрења азотом у производњи пшенице, и нацртати шему огледа који се поставља по систему Латинског квадрата са случајним распоредом третмана.

Приликом одређивања оптималних доза примене ђубрива неког елемента оглед траба да садржи више третмана са растућим дозама ђубрива, при чему се почетна (најмања) и крајња доза (највећа) одређују у зависности од обезбеђености земљишта елементом који се испитује (принципијална шема) (Табела 41). Поред контроле (третман без ђубрења), у циљу смањења утицаја хетерогености земљишта на резултат огледа, све остале парцеле ђубре се са друга два макроелемента чија се оптималне дозе не одређују у огледа (Р и К). На тај начин биљке се обезбеђују довољним количинама два макроелемента, тако да се очекује да ће принос варирати услед растућих доза трећег макроелемента (N).

**Табела 41.** Принципијелна шема одређивања растућих доза ђубрива

| Елемент чија се оптимална доза одређује | Обезбеђеност земљишта хранљивим елементом чија се оптимална доза одређује |                  |
|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|------------------|
|                                         | Средње обезбеђено                                                         | Слабо обезбеђено |
| N                                       | 1. ∅                                                                      | 1. ∅             |
|                                         | 2. PK+0 N                                                                 | 2. PK+0 N        |
|                                         | 3. PK+0,5 N                                                               | 3. PK+0,5 N      |
|                                         | 4. PK+1,0 N                                                               | 4. PK+1,5 N      |
|                                         | 5. PK+1,5 N                                                               | 5. PK+2,0 N      |
| P                                       | 1. ∅                                                                      | 1. ∅             |
|                                         | 2. NK+0 P                                                                 | 2. NK+0 P        |
|                                         | 3. NK+0,5 P                                                               | 3. NK+1,0 P      |
|                                         | 4. NK+1,0 P                                                               | 4. NK+1,5 P      |
|                                         | 5. NK+1,5 P                                                               | 5. NK+2,0 P      |
| K                                       | 1. ∅                                                                      | 1. ∅             |
|                                         | 2. NP+0 K                                                                 | 2. NP+0 K        |
|                                         | 3. NP+0,5 K                                                               | 3. NP+1,0 K      |
|                                         | 4. NP+1,0 K                                                               | 4. NP+1,5 K      |
|                                         | 5. NP+1,5 K                                                               | 5. NP+2,0 K      |

Третмани огледа (земљиште средње обезбеђено азотом):

Латински квадрат (случајни распоред третмана).

1. Контрола – без ђубрења

2.  $P_{60}K_{80} - 0 \text{ kg N}$  - основа

3.  $P_{60}K_{80} + 100 \text{ kg N}$

4.  $P_{60}K_{80} + 200 \text{ kg N}$

4.  $P_{60}K_{80} + 300 \text{ kg N}$

|   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 2 | 3 | 5 | 1 | 4 |
| 3 | 5 | 4 | 2 | 1 |
| 4 | 1 | 2 | 5 | 3 |
| 5 | 4 | 1 | 3 | 2 |

Третмани огледа (земљиште слабо обезбеђено азотом)

1. Контрола – без ђубрења

2.  $P_{60}K_{80} - 0 \text{ kg N}$  - основа основа

3.  $P_{60}K_{80} + 100 \text{ kg N}$

4.  $P_{60}K_{80} + 300 \text{ kg N}$

4.  $P_{60}K_{80} + 400 \text{ kg N}$

**Пример 3.** Утврђивање наповољнијег облика хранљивог елемента који се примењује у виду ђубрива.

Задатак: Написати третмане којим се жели одредити најповољнији облик азота (врста азотног ђубрива) у производњи пшенице.

Третмани:

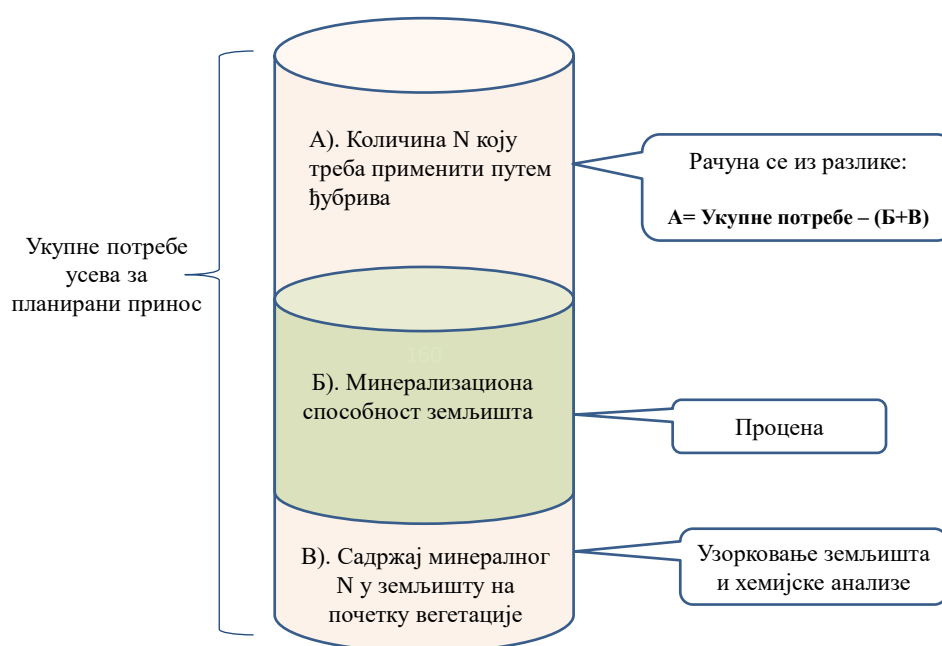
- Контрола
- $P_{60}K_{80} - 0 \text{ kg N}$  – основа
- $P_{60}K_{80} - 100 \text{ kg N}$  у амидном облику (217 kg ђубрива  $CO(NH_2)_2$ -УРЕА)
- $P_{60}K_{80} - 100 \text{ kg N}$  у амонијачном облику (476 kg ђубрива  $(NH_4)_2SO_4$ - Амонијум-сулфат)
- $P_{60}K_{80} - 100 \text{ kg N}$  у нитратном облику (637 kg ђубрива  $NaNO_3$ - Чилска шалитра)

## 7. ПРИНЦИПИ ПРИМЕНЕ ЂУБРИВА

### 7.1. ЂУБРЕЊЕ АЗОТОМ ПРЕМА $N_{min}$ МЕТОДИ

Рационална, економски оправдана примена ђубрива, могућа је само уколико се дозе ђубрива одређују на основу потребе гајене културе, са једне стране, и особина земљишта, са друге стране.

Основни принцип ђубрења по  $N_{min}$  методи је да се доза ђубрења израчунава узимајући у обзир укупне потребе гајене културе за азотом, резерве минералног азота у земљишту на почетку вегетације и минерализациону способност земљишта (Слика 51).



Слика 51. Шематски приказ  $N_{min}$  методе

Укупна потреба гајене културе за азотом израчунава се на основу количине азота који се износи приносом и жетвеним остацима (Табела 42).

Резерве минералног азота у земљишту одређују се хемијском анализом узорка земљишта, узетих на рану у пролеће пре кретање вегетације, поступком који је описан у поглављу *Узорковање земљишта*. Способност земљишта да минерализацијом органске материје обезбеди биљку минералним азотом (минерализациона способност земљишта) процењује на основу садржаја хумуса или се може измерити мерењем садржаја минералног азота током вегетације на земљишту без биљака (јалови угар).

Ђубрење по  $N_{min}$  методи се највише користи у производњи једногодишњих култура (ратарски и повртарски усеви) код којих примена азотних ђубрива има значајно већи утицај на повећање



приноса у односу на вишегодишње засаде (воћњаци и виногради), што не значи да се ђубрење азотом у вишегодишњим засадима не може вршити по N<sub>min</sub> методи.

**Табела 42.** Изношење азота приносом и жетвеним остацима  
(Вукадиновић и Вукадиновић, 2011)

| Пољопривредна<br>култура | Изношење N<br>(kg N t <sup>-1</sup> ) | Индикативна висина приноса (t ha <sup>-1</sup> ) |          |
|--------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------------------|----------|
|                          |                                       | Минимум                                          | Максимум |
| Озима пшеница            | 27,5                                  | 4,0                                              | 9,5      |
| Јара пшеница             | 30,0                                  | 3,5                                              | 8,0      |
| Дурум пшеница            | 22,0                                  | 3,0                                              | 7,5      |
| Тритикале                | 17,5                                  | 4,0                                              | 9,5      |
| Раж                      | 18,0                                  | 4,0                                              | 8,0      |
| Кукуруз                  | 25,0                                  | 5,0                                              | 15,0     |
| Кукуруз-силажни          | 10,0                                  | 20,0                                             | 80,0     |
| Озими јечам              | 22,5                                  | 4,0                                              | 9,0      |
| Јари јечам               | 20,0                                  | 3,5                                              | 7,5      |
| Пивски јечам             | 17,5                                  | 3,0                                              | 7,0      |
| Озими овас               | 22,0                                  | 4,0                                              | 7,5      |
| Јари овас                | 23,0                                  | 3,5                                              | 6,5      |
| Шећерна репа             | 4,0                                   | 40,0                                             | 60,0     |
| Соја                     | 60,0                                  | 2,0                                              | 5,5      |
| Сунцокрет                | 50,0                                  | 2,0                                              | 5,5      |
| Уљана репица             | 45,0                                  | 2,0                                              | 5,5      |
| Кромпир                  | 4,5                                   | 15,0                                             | 50,0     |
| Пасуљ                    | 30,0                                  | 3,0                                              | 9,5      |
| Сточни грашак            | 20,0                                  | 3,5                                              | 9,5      |
| Луцерка                  | 30,0                                  | 3,0                                              | 20,0     |
| Детелина                 | 25,0                                  | 3,0                                              | 17,5     |

|                |      |     |      |
|----------------|------|-----|------|
| Дуван Virginia | 32,5 | 1,5 | 3,0  |
| Дуван Burley   | 40,0 | 1,5 | 3,0  |
| Суданска трава | 16,0 | 8,0 | 25,0 |

### Пример решеног задатка:

Израчунати колико треба применити азота, и ђубрива амонијум нитрата ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) ђубрење (прихрањивање) пшенице за планирани принос од  $7,5 \text{ t ha}^{-1}$ . Хемијском анализом узорак земљишта узетих рано у пролеће је утврђено  $1,9 \text{ mg N kg}^{-1}$  минералног азота у слоју земљишта 0-30 cm дубине, у слоју 30-60 cm  $5,8 \text{ mg N kg}^{-1}$  земљишта и у слоју 60-90 cm,  $4,5 \text{ mg N kg}^{-1}$ . Запреминска маса првог слоја (0-30 cm) износи:  $1,13 \text{ g cm}^{-3}$ ; другог (30-60 cm)  $1,18 \text{ g cm}^{-3}$  (и трећег (60-90 cm)  $1,19 \text{ g cm}^{-3}$ . Минерализациона способност земљишта током вегетације пшенице износи  $46 \text{ kg N/ha}$ .

Прерачунавање садржаја минералног азота у земљишту из  $\text{mg N kg}^{-1}$  у  $\text{kg N ha}^{-1}$

Израчунавање запремине (V) слојева:

$$V = a \times b \times c$$

$$V_1 = 100 \text{ m} \times 100 \text{ m} \times 0,3 \text{ m}$$

$$V_1 = 3\,000 \text{ m}^3$$

$$V_1 = V_2 = V_3$$

Израчунавање масе (m) слојева земљишта:

$$m = V \times \rho$$

$$m_1 = V_1 \times \rho_1; \quad m_2 = V_2 \times \rho_2; \quad m_3 = V_3 \times \rho_3$$

$$m_1 = 3000 \text{ m}^3 \times 1,13 \text{ g cm}^{-3}$$

$$1,13 \text{ g cm}^{-3} = 1,13 \times 10^6 \text{ g m}^{-3}$$

$$m_1 = 3000 \text{ m}^3 \times 1,13 \times 10^6 \text{ g m}^{-3} = 3,39 \times 10^9 \text{ g} = \underline{3,39 \times 10^6 \text{ kg}}$$

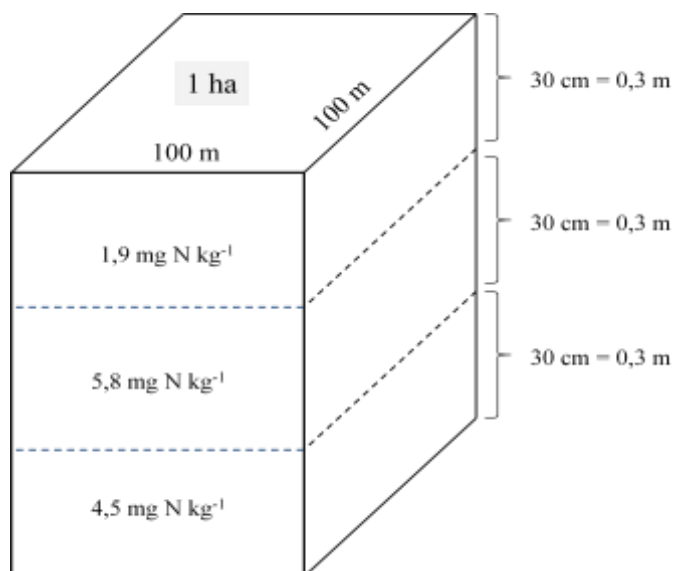
$$m_2 = 3000 \text{ m}^3 \times 1,18 \times 10^6 \text{ g m}^{-3} = 3,54 \times 10^9 \text{ g} = \underline{3,54 \times 10^6 \text{ kg}}$$

$$m_3 = 3000 \text{ m}^3 \times 1,19 \times 10^6 \text{ g m}^{-3} = 3,57 \times 10^9 \text{ g} = \underline{3,57 \times 10^6 \text{ kg}}$$

Израчунавање садржаја минералног N у земљишту израженог у  $\text{kg N ha}^{-1}$

$$\text{I: слој: } 3,39 \times 10^6 \text{ kg} \times 1,9 \text{ mg N kg}^{-1} = 6,44 \times 10^6 \text{ mg N} = 6,44 \text{ kg N}$$

$$\text{II слој: } 3,54 \times 10^6 \text{ kg} \times 5,8 \text{ mg N kg}^{-1} = 20,53 \times 10^6 \text{ mg N} = 20,53 \text{ kg N}$$



II слој:  $3,57 \times 10^6 \text{ kg} \times 4,5 \text{ mg N kg}^{-1} = 16,06 \times 10^6 \text{ mg N} = 16,06 \text{ kg N}$

Резерве минералног N на почетку вегетације  **$\Sigma 43,03 \text{ kg N}$**

Израчунавање укупних потреба пшенице за планирани принос од  $7,5 \text{ t ha}^{-1}$

Изношење азота са 1 t приноса (Табела 42) =  $27,5 \text{ kg N}$

$$7,5 \text{ t} \times 27,5 \text{ kg N t}^{-1} = \mathbf{206,25 \text{ kg N}}$$

Израчунавање потребне количине азота:

$206,25 \text{ kg N}$  (укупне потребе пшенице)

–  $43,03 \text{ kg N}$  (резерве мин. N на почетку вегетације)

–  $46 \text{ kg N}$  (мин. способност земљишта)

**$117,22 \text{ kg N}$**  треба применити путем ђубрива

Израчунавање потребне количине N-ђубрива (амонијум-нитрата, 33 % N)

$$100 \text{ kg}_{(\text{NH}_4\text{NO}_3)} : 33 \text{ kg N} = X_{(\text{NH}_4\text{NO}_3)} : 117,22 \text{ kg N}$$

$$X = \frac{(100 \text{ kg}_{(\text{NH}_4\text{NO}_3)} \times 117,22 \text{ kg N})}{33 \text{ kg-N}} = \mathbf{355,2 \text{ kg ђубрива треба применити}}$$

## 7.2. ЋУБРЕЊЕ ФОСФОРОМ И КАЛИЈУМОМ – БИЛАНСНИ МЕТОД

Постоји више метода на основу којих се може одредити количина ђубрива коју треба применити по јединици површине у циљу постизања планираних приноса. Када је реч примена фосфорних и калијумових ђубрива, у нашој земљи се дозе примене одређују на основу садржаја приступачних облика ова два елемента у земљишту, са једне стране, и потреба гајених усева са друге стране. Дозе фосфора и калијума које се примењују треба да буду такве да омогуће постизање краткорочног и дугорочног циља ђубрења. Краткорочно гледано, основни циљ ђубрења Р и К је постизање планираног приноса гајене културе у години примене ђубрива. Дугорочни циљ ђубрења Р и К треба да буде довођење садржаја лакоприступачног Р и К у земљишту до оптималног нивоа, који ће обезбедити високе приносе уз минималну употребу ђубрива. То значи да дозе примене РК ђубрива треба да буду тако одређене да на сиромашним земљиштима доведу до повећања приступачних облика фосфора и калијума, на оптимално обезбеђеним земљиштима да одрже оптимални ниво, а на земљиштима са високим садржајем приступачног Р и К да доведу до оптималног ниво.

Основни принцип којим се остварују дугорочни циљеви ђубрења је да се на земљиштима сиромашним у Р и К сваке године примењује већа количина ова два елемента него што се приносом и жетвеним остацима изнесе са парцеле, док на земљиштима која се одликују високим и садржајем ова два елемента, сваке године се примењује мање Р и К путем ђубрива него што се односи са парцеле. На парцелама које се одликују оптималним садржајем Р и К у земљишту, примењује се она количина Р и К путем ђубрива колико се однесе са парцеле.

Полазна основа за одређивање доза РК-ђубрива је да се измери садржај приступачног фосфора и калијума AL-методом и земљиште сврста у одређену категорију обезбеђености (Табела 43).

**Табела 43.** Нивои хранива у земљишту и степен потребе ђубрења фосфором и калијумом (AL-метода, Егнер и Риехм, 1958) земљишта за њивске културе (Манојловић, 1986)

| Оцена нивоа<br>обезбеђености | Садржај у земљишту<br>(mg 100g <sup>-1</sup> ) |                  | Проценат враћања P <sub>2</sub> O <sub>5</sub><br>од изнете количине<br>приносом | Проценат враћања K <sub>2</sub> O од<br>изнете количине приносом |
|------------------------------|------------------------------------------------|------------------|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
|                              | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>                  | K <sub>2</sub> O |                                                                                  |                                                                  |
| Врло низак                   | <5                                             | <5               | 150-200                                                                          | 100                                                              |
| Низак                        | 5-10                                           | 5-10             | 130-150                                                                          | 80-90                                                            |
| Средњи                       | 10-15                                          | 10-15            | 110-130                                                                          | 60-70                                                            |
| Оптималан                    | 15-25                                          | 15-25            | 100                                                                              | 50-60                                                            |
| Висок                        | 25-40                                          | 25-40            | 70-80                                                                            | 30-40                                                            |
| Врло висок                   | 40-50                                          | 40-50            | Изоставити ђубрењење 1-3 године                                                  |                                                                  |
| Штетан                       | >50                                            | >50              | Изоставити ђубрењење дужи временски период                                       |                                                                  |

Сврставањем земљишта у одговарајућу категорију добијамо информације како треба ђубрити дату парцелу, у смислу да ли путем ђубрива треба применити више, мање или идентичну количину Р и К која се однесе са парцеле приносом и жетвеним остацима.

Количине Р и К које се односе са парцеле израчунавају се на основу висине планираног приноса и садржаја  $P_2O_5$  и  $K_2O$  у прносу и жетвеним остацима (Табела 44), или се могу користити литературни подаци о изношењу  $P_2O_5$  и  $K_2O$  са одређеном количином оствареног приноса (Табела 45).

**Табела 44.** Садржај фосфора и калијума у зрну и вегетативној маси

|           | % $P_2O_5$                 |                                        | % $K_2O$                   |                                         |
|-----------|----------------------------|----------------------------------------|----------------------------|-----------------------------------------|
|           | Принос (зрно, корен, плод) | Жетвени остаци и/или остаци од резидбе | Принос (зрно, корен, плод) | Жетвени остаци и/или остаци од резидбе. |
| Пшеница   | 0,40-0,60                  | 0,10-0,20                              | 0,40-0,50                  | 1,0-1,20                                |
| Кукуруз   | 0,30-0,40                  | 0,10-0,15                              | 0,50-0,60                  | 1,20-1,30                               |
| Сунцокрет | 0,60-0,80                  | 0,30-0,40                              | 0,70-0,80                  | 1,80-2,20                               |
| Соја      | 0,15-0,45                  | 0,15-0,20                              | 1,8-1,9                    | 1,80-2,4                                |
| Јабuka    | 0,02-0,035*                | 0,01-0,02                              | 0,12-0,20*                 | 0,15-0,20                               |
| Бресква   | 0,05-0,06*                 | 0,01-0,02                              | 0,35-0,40*                 | 0,15-0,20                               |
| Јагода    | 0,03-0,05*                 | -                                      | 0,20-0,30*                 | -                                       |

\* Садржај у свежој маси плода.

**Табела 45.** Изношење фосфора и калијум приносом воћа и винове лозе (Убавић и сар, 1990)

| Врста                | Висина приноса (kg/ha) | Изнето фосфора ( kg $P_2O_5$ ) | Изнето калијума (kg $K_2O$ ) |
|----------------------|------------------------|--------------------------------|------------------------------|
| Јабuka <sup>1</sup>  | 10 000                 | 2,0-3,50                       | 12,0-20,0                    |
| Крушка <sup>2</sup>  | 10 000                 | 2,9                            | 15,0                         |
| Кајсија <sup>2</sup> | 10 000                 | 6,5                            | 33,3                         |
| Шљива                | 10 000                 | 4,1                            | 25,0                         |
| Бресква <sup>2</sup> | 10 000                 | 5,9                            | 41,2                         |
| Трешња <sup>2</sup>  | 10 000                 | 7,5                            | 38,5                         |
| Вишња                | 10 000                 | 7,5                            | 38,5                         |
| Орах                 | 1 000                  | 2,7                            | 17,0                         |
| Јагода <sup>3</sup>  | 1 000                  | 0,30-0,50                      | 2,0-2,40                     |
| Малина <sup>4</sup>  | 1 000                  | 0,50                           | 1,82                         |
| Купина <sup>4</sup>  | 1 000                  | 0,50                           | 1,82                         |
| Боровница            | 1 000                  | 0,4-0,8                        | 0,5-1,0                      |
| Винова лоза          | 10 000                 | 30                             | 100                          |

### Пример задатка:

1. Колико треба унети троструког суперфосфата, а колико калијум-сулфата, за планирани принос кукуруза од 10 t/ha, на земљишту са 29 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/100g земљишта и 27 mg K<sub>2</sub>O/100g земљишта у следећим случајевима:

- ако се зрно односи а кукурузовина (ж.о.) заорава,
- ако се и зрно и кукурузовина односе са парцеле,
- кукурузовина се заорава и у јесен се планира заоравање 2 вагона стајњака по хектару,
- зрно и кукурузовина се удаљавају а заорава се 2 вагона стајњака по хектару

### Израчунавање за P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

Према обезбеђености приступачним фосфором земљиште спада у категорију претерано обезбеђених земљишта (Табела 43), па се на таквим парцелама враћа 70-80% од изнете количине P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> приносом и жетвеним остацима.

### Ако се зрно односи а кукурузовина (ж.о.) заорава.

Принос 10 t = 10000 kg

Садржај P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> у зрну кукуруза: 0,3 – 0,4 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

10000 kg x 0,35% / 100 = 35 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – изнето зрном

Кукурузовина се заорава, што значи да фосфор који се налази у кукурузовини неће бити однет са парцеле. Из тог разлога не треба рачунати колико се фосфора налази у кукурузовини.

35 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> : 100% = x kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> : 75%

x = 35 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> x 75% / 100%

x = 26,25 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – треба вратити на парцелу путем ђубрива

Троструки суперфосфат садржи 48 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

100 kg ђубрива : 48 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> = x kg ђубрива : 26,25 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

x = 26,25 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> x 100 kg ђубрива / 48 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

x = 54,7 kg ђубрива (Троструког суперфосфата) треба применити на парцели

### Ако се и зрно и кукурузовина односе са парцеле.

Изношење зром је већ израчунато и износи 35 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

Изношење фосфора кукурузовином се израчунава на основу садржаја P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> у кукурузовини (Табела 44) и количине кукурузовине која је однета са парцеле. Уколико не постоје тачни подаци о количини кукурузовине, узима се да је однос 1:1 за однос принос и кукурузовине. У

овом случају то значи да је са 10 t/ha зрна кукуруза са парцеле однето и 10 t/ha кукурузовине (жетвених остатака).

Садржај  $P_2O_5$  у кукурузовини 0,10 – 0,15 %  $P_2O_5$

$10000 \text{ kg} \times 0,125 \% / 100 = 12,5 \text{ kg } P_2O_5$  – изнето кукурузовином (ж.о.)

$35 \text{ kg } P_2O_5 + 12,5 \text{ kg } P_2O_5 = 47,5 \text{ kg } P_2O_5$  – укупно изнето зрном и жетвеним остацима

$47,5 \text{ kg } P_2O_5 : 100 \% = x \text{ kg } P_2O_5 : 75\%$

$x = 47,5 \times 75 / 100$

$x = 35,62 \text{ kg } P_2O_5$  – треба вратити путем ђубрива

$100 \text{ kg } \text{ђубрива} : 48 \text{ kg } P_2O_5 = x \text{ kg } \text{ђубрива} : 35,62 \text{ kg } P_2O_5$

$x = 35,62 \times 100 / 48$

$x = 74,21 \text{ kg } \text{ђубрива}$  (Троструког суперфосфата) треба применити на парцели

### Кукурузовина се заорава и у јесен се планира заоравање 2 вагона стајњака по хектару

У случају када се заорава стајњак неопходно је израчунати колико  $P_2O_5$  се уноси у земљиште са применом стајњака. За израчунавање се користи просечне вредности садржаја N,  $P_2O_5$  и  $K_2O$  у згорелом говеђем стајњаку (0,50% N; 0,20%  $P_2O_5$ ; 0,60%  $K_2O$ ).

Садржај  $P_2O_5$  у стајњаку: 0,2 %  $P_2O_5$

Уншење  $P_2O_5$  применом стајњака:

$20\,000 \text{ kg } \text{стајњака} \times 0,2 \% P_2O_5 / 100 = 40 \text{ kg } P_2O_5$  уноси се стајњаком на парцелу

Зрном кукуруза се износи:  $35 \text{ kg } P_2O_5$

Потребно је вратити:  $26,25 \text{ kg } P_2O_5$

Стајњаком унето:  $40 \text{ kg } P_2O_5$

$26,25 < 40 \text{ kg } P_2O_5$  – у случају да се примењује стајњак не треба примењивати троструки суперфосфат

### Зрно и кукурузовина се удаљавају а заорава се 2 вагона стајњака по хектару

Зрном кукуруза се износи:  $35 \text{ kg } P_2O_5$

Кукурузовином се износи:  $12,5 \text{ kg } P_2O_5$

Укупно изнето:  $47,50 \text{ kg } P_2O_5$

Треба вратити путем ђубрива: 35,62 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

Стајњаком унето: 40 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

35,62 < 40 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – у случају да се примењује стајњак не треба примењивати троструки суперфосфат

### Израчунавање за K<sub>2</sub>O

Према обезбеђености приступачним калијумом земљиште спада у категорију претерано обезбеђених земљишта (Табела 43), па се на таквим парцелама враћа 30-40% од изнете количине K<sub>2</sub>O приносом и жетвеним остацима.

Принос 10 t = 10000 kg

Садржај K<sub>2</sub>O у зрну кукуруза: 0,5 – 0,6 % K<sub>2</sub>O

10000kg x 0,55% / 100 = 55 kg K<sub>2</sub>O – изнето зрном

### Кукурузовина се заорава

што значи да калијум који се налази у кукурузовини неће бити однет са парцеле. Из тог разлога не треба рачунати колико се калијума налази у кукурузовини.

55 kg K<sub>2</sub>O : 100% = x kg K<sub>2</sub>O : 35%

x = 55 x 35 / 100

x = 19,25 kg K<sub>2</sub>O – треба вратити на парцелу путем ђубрива

Калијум сулфат садржи 48 – 51 % K<sub>2</sub>O

100 kg ђубрива : 50 kg K<sub>2</sub>O = x kg ђубрива : 19,25 kg K<sub>2</sub>O

x = 19,25 kg K<sub>2</sub>O x 100 kg ђубрива / 50 kg K<sub>2</sub>O

x = 38,5 kg ђубрива (Калијум сулфата) треба применити на парцели

### Ако се и зрно и кукурузовина односе са парцеле.

Изношење зром је већ израчунато и износи 55 kg K<sub>2</sub>O

Изношење калијума кукурузовином се израчунава на основу садржаја K<sub>2</sub>O у кукурузовини (Табела 44) и количине кукурузовине која је однета са парцеле. Уколико не постоје тачни подаци о количини кукурузовине, узима се да је однос 1:1 за однос принос и кукурузовине. У овом случају то значи да је са 10 t/ха зрна кукуруза са парцеле однето и 10 t/ха кукурузовине (жетвених остатака).



Садржај  $K_2O$  у кукурузовини: 1,2 – 1,3 %  $K_2O$

$10000 \text{ kg} \times 1,25 \% / 100 = 125 \text{ kg } K_2O$  – изнето кукурузовином (ж.о.)

$55 \text{ kg } K_2O + 125 \text{ kg } K_2O = 180 \text{ kg } K_2O$  – укупно изнето зрном и жетвеним остацима

$180 \text{ kg } K_2O$ : 100% =  $x \text{ kg } K_2O$  : 35%

$x = 47,5 \times 75 / 100$

$x = 63 \text{ kg } K_2O$  – треба вратити путем ђубрива

$100 \text{ kg } \text{ђубрива} : 50 \text{ kg } K_2O = x \text{ kg } \text{ђубрива} : 63 \text{ kg } K_2O$

$x = 63 \text{ kg } K_2O \times 100 \text{ kg } \text{ђубрива} / 50 \text{ kg } K_2O$

$x = 126 \text{ kg } \text{ђубрива}$  (Калијум сулфата) треба применити на парцели

### Кукурузовина се заорава и у јесен се планира заоравање 2 вагона стајњака по хектару

У случају када се заорава стајњак неопходно је израчунати колико  $P_2O_5$  се уноси у земљиште са применом стајњака. За израчунавање се користи просечне вредности садржаја N,  $P_2O_5$  и  $K_2O$  у згорелом говеђем стајњаку (0,50% N; 0,20%  $P_2O_5$ ; 0,60%  $K_2O$ ).

Садржај  $K_2O$  у стајњаку: 0,6 %  $K_2O$

Уншење  $K_2O$  применом стајњака:

$20\,000 \text{ kg } \text{стајњака} \times 0,6 \% K_2O / 100 = 120 \text{ kg } K_2O$  уноси се стајњаком на парцелу

Зрном кукуруза се износи:  $55 \text{ kg } K_2O$

Потребно је вратити путем ђубрива:  $19,25 \text{ kg } K_2O$

Стајњаком унето:  $120 \text{ kg } K_2O$

$19,25 < 120 \text{ kg } K_2O$  – у случају да се примењује стајњак не треба примењивати калијум сулфат

### Зрно и кукурузовина се удаљавају а заорава се 2 вагона стајњака по хектару

Зрном кукуруза се износи:  $55 \text{ kg } K_2O$

Кукурузовином се износи:  $125 \text{ kg } K_2O$

Укупно изнето:  $180 \text{ kg } K_2O$

Треба вратити путем ђубрива:  $63 \text{ kg } K_2O$

Стајњаком унето: 120 kg K<sub>2</sub>O

63 kg K<sub>2</sub>O < 120 kg K<sub>2</sub>O – у случају да се примењује стајњак не треба примењивати калијум сулфат

### 7.3. ПРИМЕРИ ЗАДАТАКА ИЗ АГРОХЕМИЈЕ

1. Са којом количином амонијум нитрата, троструког суперфосфата и калијум сулфата ће се унети у земљиште  $120 \text{ kg N}$ ,  $80 \text{ kg P}_2\text{O}_5$  и  $80 \text{ kg K}_2\text{O}$ ?
2. Препорука за ђубрење пшенице је  $120 \text{ kgN/ha}$ ,  $80 \text{ kgP}_2\text{O}_5/\text{ha}$  и  $150 \text{ kg K}_2\text{O/ha}$ , тако да се 50% N примени у основној обради у облику урее ( $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ , 46 % N) а преосталих 50% N у облику КАН-а (27% N). Поред азотних ђубрива на располагању су још троструки суперфосфат (48% $\text{P}_2\text{O}_5$ ) и калијум хлорид (60%  $\text{K}_2\text{O}$ ). Колико килограма наведених ђубрива је потребно применити уколико је површина парцеле под пшеницом 7 ha?
3. Треба направити мешано ђубриво 8:10:12. На располагању су појединачна ђубрива амонијум сулфат (21% N), преципитат (30%  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) и калијум хлорид (60%  $\text{K}_2\text{O}$ ). Колико треба одмерити појединачно сваког ђубрива за прављење, а колико баластног материјала за  $100 \text{ kg}$  ђубрива ове формулације?
4. Колико је потребно КАН-а (27% N), троструког суперфосфата (48%  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) и калијум хлорида (60%  $\text{K}_2\text{O}$ ) и калцијум карбоната (баласт-пуниоц) да би се направило  $10 \text{ t}$  мешаног ђубрива формулације 8:12:16.
5. Израчунати колико има лакоприступачног фосфора ( $\text{kg P}_2\text{O}_5$ ) у слоју земљишта 0-30 cm, површине 1 ha, запреминске масе  $1,18 \text{ g cm}^{-3}$ , ако је у узорку земљишта узетом из датог слоја утврђено  $11 \text{ mg P}_2\text{O}_5 100^{-1} \text{ g}$  земљишта?
6. За колико би се теоријски повећао садржај лакоприступачног фосфора и калијума изражен у  $\text{mg}/100\text{g}$  земљишта ако се у слој земљишта 0-30 cm дубине са запреминском масом  $1,2 \text{ g cm}^{-3}$  унесе  $300 \text{ kg}$  троструког суперфосфата и  $300 \text{ kg}$  калијум хлорида?
7. Колико се применом  $300 \text{ kg KAN}$ ,  $120 \text{ kg}$  троструког суперфосфата и  $170 \text{ kg KCl}$  у земљиште уноси азота, фосфора и калијума?
8. Колико килограма укупног азота има у  $1000$  литара амонијаката номенклатуре 45,7 (37:0:33)  $\times \text{H}_2\text{O}$  и запреминске масе  $1,20 \text{ g/cm}^3$ ? Колико литара амонијаката треба применити да би се у земљиште унело  $100 \text{ kg N}$ ?
9. Написати третмане и нацртати шему пољског огледа постављеног по методи латински квадрат са систематским распоредом понављања којим се жели утврдити оптимална доза азота за ђубрење пшенице?
10. На примеру ђубрења пшенице, објаснити утврђивање најповољнијег облика азота који се уноси кроз ђубрива – написати варијанте и нацртати шему огледа постављеног по методи латински квадрат са случајним распоредом третмана.
11. Колико треба унети КАН-а за прихрањивање пшенице рано у пролеће, ако је у слоју 0-30 cm утврђено  $2,3 \text{ ppm}$ , у слоју 30-60 cm  $7,4 \text{ ppm}$  и у слоју од 60-90 cm  $3,2 \text{ ppm}$ ? Запреминска маса земљишта првог слоја је била  $1,13 \text{ g cm}^{-3}$ , другог  $1,19 \text{ g cm}^{-3}$  и трећег  $1,33 \text{ g cm}^{-3}$ . Минерализујућа способност земљишта на угару у време трајања вегетације пшенице је  $50 \text{ kg N ha}^{-1}$ . Оптималан принос пшенице од  $6 \text{ t ha}^{-1}$  постиже се при  $160 \text{ kg N ha}^{-1}$ .

12. Колико би требало унети обичног суперфосфата и калијум хлорида за планирани принос зрна пшенице од  $7 \text{ t ha}^{-1}$ ? Обезбеђеност земљишта је  $22,3 \text{ mg P}_2\text{O}_5$  и  $17 \text{ mg K}_2\text{O}$   $100 \text{ g}^{-1}$ . Жетвени остаци се односе са парцеле.
13. У фази пуног цветања кромпира потребно је извршити ђубрење фолијарним путем са NPK ђубривом формулацијом 16:11:24 у концентрацији од 0,5%. Израчунати колико килограма ђубрива је потребно применити по хектару и колико је то килограма азота, фосфора и калијума по хектару, уколико је потрошња воде  $500 \text{ l/ha}$ ?
14. Израчинати концентрација (%) раствора намењеног за фолијарно третирање уколико се примењује  $0,5 \text{ kg ZnSO}_4$  хектару у фази 5-7 формираних листова кукуруза, уз потрошњу од  $300 \text{ l}$  воде?
15. У фази прецветавања и формирања плодова јабуке, потребно недељно применити путем фертигације  $15 \text{ g NPK}$  ђубрива формулације 20:20:20 по сваком стаблу јабуке. Уколико се ђубрење врши током три недеље, колико је укупно потребно ђубрива по  $\text{ha}$ . Густина садње јабуке је  $3 \text{ m} \times 1 \text{ m}$ .
16. Колико по хектару треба применити урее за фолијарно ђубрење пшенице, уколико је препорука да се пшеница третира 2% раствором азота. Утрошак воде за третирање износи  $400 \text{ l/ha}$ .

## 8. ПРИЛОГ

### 8.1. МЕРНЕ ЈЕДИНИЦЕ МЕЂУНАРОДНОГ *SI* СИСТЕМА

#### Основне јединице

Следеће су фундаменталне јединице из којих су све остале изведене, оне су димензионо независне. Дефиниције у табели су широм прихваћене.

| СИ основне јединице |        |                            |
|---------------------|--------|----------------------------|
| Назив               | Симбол | Величина                   |
| килограм            | kg     | маса                       |
| секунд              | s      | време                      |
| метар               | m      | дужина                     |
| ампер               | A      | електрична струја          |
| келвин              | K      | термодинамичка температура |
| мол                 | mol    | количина супстанце         |
| кандела             | cd     | јачина светлости           |

#### Изведене јединице са посебним именима

Основне јединице могу да се комбинују како би се извеле јединице за мерење осталих величина. Некима су дата имена.

| СИ изведене јединице са посебним именима |        |             |                                |
|------------------------------------------|--------|-------------|--------------------------------|
| Име                                      | Симбол | Величина    | Изражено у основним јединицама |
| херц                                     | Hz     | фреквенција | $s^{-1}$                       |
| њутн                                     | N      | сила        | $kg\ m\ s^{-2}$                |
| џул                                      | J      | енергија    | $N\ m = kg\ m^2\ s^{-2}$       |

|                  |             |                                                  |                                                                |
|------------------|-------------|--------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| ват              | W           | снага                                            | $J/s = kg\ m^2s^{-3}$                                          |
| паскал           | Pa          | притисак                                         | $N/m^2 = kg\ m^{-1}s^{-2}$                                     |
| лумен            | lm          | светлосни флукс                                  | cd sr                                                          |
| лукс             | lx          | осветљеност                                      | $lm/m^2 = cd\ sr\ m^{-2}$                                      |
| кулон            | C           | наелектрисање                                    | A s                                                            |
| волт             | V           | електрични потенцијал, електрични напон          | $W/A = J/C = kg\ m^2A^{-1}s^{-3}$                              |
| ом               | $\Omega$    | електрична отпорност                             | $V/A = kg\ m^2A^{-2}s^{-3}$                                    |
| фарад            | F           | електрична капацитивност                         | $C/V = A^2s^4kg^{-1}m^{-2}$                                    |
| вебер            | Wb          | магнетни флукс                                   | $kg\ m^2s^{-2}A^{-1}$                                          |
| тесла            | T           | густина магнетног флукса                         | $Wb/m^2 = kg\ s^{-2}A^{-1}$                                    |
| хенри            | H           | индуктивност                                     | $Wb/A = kg\ m^2A^{-2}s^{-2}$                                   |
| сименс           | S           | електрична проводљивост                          | $\Omega^{-1} = kg^{-1}m^{-2}A^2s^3$                            |
| бекерел          | Bq          | Радиоактивност (број распада у јединици времена) | $s^{-1}$                                                       |
| греј             | Gy          | апсорбована доза (јонизујућег зрачења)           | $J/kg = m^2s^{-2}$                                             |
| сиверт           | Sv          | еквивалентна доза (јонизујућег зрачења)          | $J/kg = m^2s^{-2}$                                             |
| катал            | kat         | каталитичка активност                            | $mol/s = mol\ s^{-1}$                                          |
| степен целзијуса | $^{\circ}C$ | термодинамичка температура                       | K ( $0\ ^{\circ}C = 273.15\ K$ , $0\ K = -273.15\ ^{\circ}C$ ) |

Следећи СИ префикси могу да се користе како би се додао префикс било којој од горе споменутих јединица како би се направио умножак или подумножак оригиналне јединице.

| $10^n$     | Префикс | Симбол | Кратка скала      | Дуга скала                   | Децимални еквивалент              |
|------------|---------|--------|-------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| $10^{24}$  | јота    | Y      | септилион         | квадрилион                   | 1 000 000 000 000 000 000 000 000 |
| $10^{21}$  | зета    | Z      | секстилион        | трилијарда (хиљаду трилиона) | 1 000 000 000 000 000 000 000     |
| $10^{18}$  | екса    | E      | квинтилион        | трилион                      | 1 000 000 000 000 000 000         |
| $10^{15}$  | пета    | P      | квадрилион        | билијарда (хиљаду билиона)   | 1 000 000 000 000 000             |
| $10^{12}$  | тера    | T      | трилион           | билион                       | 1 000 000 000 000                 |
| $10^9$     | гига    | G      | билион            | милијарда (хиљаду милиона)   | 1 000 000 000                     |
| $10^6$     | мега    | M      | милион            |                              | 1 000 000                         |
| $10^3$     | кило    | k      | хиљада            |                              | 1 000                             |
| $10^2$     | хекто   | h      | сто               |                              | 100                               |
| $10^1$     | дека    | da     | десет             |                              | 10                                |
| $10^0$     | нема    | нема   | један             |                              | 1                                 |
| $10^{-1}$  | деци    | d      | десети део        |                              | 0,1                               |
| $10^{-2}$  | центи   | c      | стоти део         |                              | 0,01                              |
| $10^{-3}$  | мили    | m      | хиљадити део      |                              | 0,001                             |
| $10^{-6}$  | микро   | μ      | милионити део     |                              | 0,000 001                         |
| $10^{-9}$  | нано    | n      | билионити део     | милијардити део              | 0,000 000 001                     |
| $10^{-12}$ | пико    | p      | трилионити део    | билионити део                | 0,000 000 000 001                 |
| $10^{-15}$ | фемто   | f      | квадрилионити део | билијардити део              | 0,000 000 000 000 001             |

|            |       |   |                   |                     |                           |
|------------|-------|---|-------------------|---------------------|---------------------------|
| $10^{-18}$ | ато   | a | квинтилионити део | трилионити део      | 0,000 000 000 000 000 001 |
| $10^{-21}$ | zepto | z | секстилионити     | трилијардити део    | 0,000 000 000 000 000 001 |
| $10^{-24}$ | јокто | y | септилионити      | квадрилијардити део | 0,000 000 000 000 000 001 |

## 8.2. МЕРНЕ ЈЕДИНИЦЕ ВАН МЕЂУНАРОДНОГ SI СИСТЕМА

### Јединице за дужину

| Назив | Ознака | Вредност изражена у јединицама SI система |
|-------|--------|-------------------------------------------|
| Инч   | inc    | 1 inc = 25,4 mm = 2,54 cm = 0,0254 m      |
| Стопа | ft     | 1 ft = 304,8 mm = 30,48 cm = 0,3048 m     |
| Јард  | yd     | 1 yd = 914,4 mm = 91,44 cm = 0,9144 m     |
| Миља  | mi     | 1 mi = 1,609344 km = 1609,344 m           |

### Јединице за површину

| Назив           | Ознака         | Вредност изражена у јединицама SI система |
|-----------------|----------------|-------------------------------------------|
| Квадратни метар | m <sup>2</sup> | m <sup>2</sup>                            |
| Ар              | a              | 1 a = 100 m <sup>2</sup>                  |
| Хектар          | ha             | 1 ha = 10 000 m <sup>2</sup>              |

Поред јединица за површину које су наведене у табели ц, у пољопривреди се још увек користе и старе јединице за површину као што су:

| Назив јединице за површину | Вредност изражена у јединицама SI система |
|----------------------------|-------------------------------------------|
| Ланац                      | 1 ланац = 7 193,2 m <sup>2</sup>          |
| Бечки квадратни хват       | 1 хват = 3,59665 m <sup>2</sup>           |



|                              |                                                               |
|------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| Катастарско јутро            | 1 јутро = 5 754,64 m <sup>2</sup>                             |
| Дулум                        | 1 дулум = 1 000 m <sup>2</sup>                                |
| Акр (acre)                   | 1 акр = 4 047 m <sup>2</sup>                                  |
| Квадратна миља (square mile) | 1 кв. Миља = 2.5899km <sup>2</sup> = 2 589 900 m <sup>2</sup> |

### Јединице за масу

| Назив | Ознака | Вредност изражена у јединицама SI система |
|-------|--------|-------------------------------------------|
| Тона  | t      | 1 t = 1 000 kg                            |
| Вагон | вагон  | 1 вагон = 10 000 kg                       |
| Фунта | lb     | 1 фунта = 0,4536 kg                       |
| Ока   | ока    | 1 ока = 1,28 kg                           |

### Јединице за запремину

| Назив       | Ознака         | Вредност изражена у јединицама SI система                            |
|-------------|----------------|----------------------------------------------------------------------|
| Кубни метар | m <sup>3</sup> | 1 m <sup>3</sup> = 1 000 dm <sup>3</sup> = 1 000 000 cm <sup>3</sup> |
| Литар       | l              | 1 l = 1 dm <sup>3</sup> = 0,001 m <sup>3</sup>                       |
| Кубни инч   | cu in          | 1 cu in = 0,016387 dm <sup>3</sup> = 0,000016387 m <sup>3</sup>      |
| Кубна стопа | cu ft          | 1 cu ft = 28,316 dm <sup>3</sup> = 0,028316 m <sup>3</sup>           |
| Кубни јард  | cu yd          | 1 cu yd = 764,554 dm <sup>3</sup> = 0.764 554 m <sup>3</sup>         |

### Јединице концентрације

**Мол:** је количина супстанце која садржи толико молекула колико има атома у тачно 12 грама угљениковог изотопа C12.

**Моларитет или запреминска (моларна) концентрација:** представља број молова компоненте раствора по јединици запремине. Изражава се у mol/dm<sup>3</sup> = M.

$$\text{Моларитет} = \frac{\text{број молова компоненте}}{\text{укупна запремина раствора}}$$

*Масена концентрација*: представља масу компоненте раствора по јединици запремине. Изражава се у  $\text{g/dm}^3$ .

$$\text{Масена концентрација} = \frac{\text{маса компоненте}}{\text{укупна запремина раствора}}$$

*Запреминска концентрација*: представља однос између запремине раствора и запремине растварача (једначина 3). Релативна је величина, па као таква може да се изрази у процентима, промилима, деловима по милиону (ppm), итд...

$$\text{Запреминска концентрација} = \frac{\text{запремина компоненте}}{\text{укупна запремина раствора}}$$

*Нормалитет*: представља број молских еквивалената неке компоненте по јединици запремине (једначина 4). Изражава се у  $\text{Eq/dm}^3$ . Вредност ове величине зависи од избора молског еквивалента, тј. колико молова ће бити у једном молском еквиваленту. Тако нормалитет од нпр. раствора чији је моларитет  $1 \text{ mol/dm}^3$  бирањем молског еквивалента од 2 mol/Eq постаје  $0.5 \text{ Eq/dm}^3$ .

$$\text{Једначина 4: Нормалитет} = \frac{\text{број молекулских еквивалената}}{\text{укупна маса раствора}}$$

<http://www.periodni.com>

Copyright © 2013 Eni Generali



(1) Atomic Weights of the Elements 2007, Pure Appl. Chem., 81 No. 1, 2131-2156 (2009)

|             |            |
|-------------|------------|
| ЛАНАТНОНИИ  |            |
| 57 138.91   | 58 140.12  |
| 59 140.91   | 60 144.24  |
| 61 (145)    | 62 150.36  |
| 63 151.96   | 64 157.25  |
| 65 158.93   | 66 162.50  |
| 67 164.93   | 68 167.26  |
| 69 168.93   | 70 173.05  |
| 71 174.97   |            |
| La          | Ce         |
| Pr          | Nd         |
| Pm          | Sm         |
| Eu          | Gd         |
| Tb          | Dy         |
| Ho          | Er         |
| Tm          | Yb         |
| Lu          |            |
| АКТИНОИДИ   |            |
| 89 (227)    | 90 232.04  |
| 91 231.04   | 92 238.03  |
| 93 (237)    | 94 (244)   |
| 95 (243)    | 96 (247)   |
| 97 (247)    | 98 (251)   |
| 99 (252)    | 100 (257)  |
| 101 (258)   | 102 (259)  |
| 103 (262)   |            |
| Ac          | Th         |
| Pa          | U          |
| Np          | Pu         |
| Am          | Cm         |
| Bk          | Cf         |
| Es          | Fm         |
| Md          | No         |
| Lr          |            |
| АКТИНИЙ     | ТОРИЙ      |
| ПРОАКТИНИЙ  | УРАН       |
| НЕПТУНИЙ    | ПЛУТОНИЙ   |
| АМЕРИЦИЙ    | КУРИЙ      |
| БЕРКЕЛИЙ    | КАЛИФОРНИЙ |
| ЭЙЗЕНБЕРГИЙ | ДЮРОНИЙ    |
| ХОЛМИЙ      | ТЕРБИЙ     |
| ЕРБИЙ       | ДИСПРОЗИЙ  |
| ТУЛИЙ       | ХОЛМИЙ     |
| ИТЕБИЙ      | ЕРБИЙ      |
| ЛУТЕЦИЙ     | ТУЛИЙ      |

## 9. ЛИТЕРАТУРА

Bergman, W. (1992): Nutritional Disorders of Plants – Development Visual and Analytical Disagnosis, Fischer Verlag, Jena, Germany

Čivić, H., Šaćiragić, B., Elezi, Dž. (2004): Agrohemiја sa ishranom biljaka. Graforad, Travnik, Bosna i Hercegovina.

Drechsel, P., Heffer, P., Magen, H., Mikkelsen, R., Wichelns, D. (Eds.) (2015). Managing Water and Fertilizer for Sustainable Agricultural Intensification. International Fertilizer Industry Association (IFA), International Water Management Institute (IWMI), International Plant Nutrition Institute (IPNI), and International Potash Institute (IPI). First edition, Paris, France.

Đurđević, B. (2014): Praktikum iz ishrane biljaka. Sveučilište Josipa Juraja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Hrvatska.

Ličina, V. (2004): Agrohemiја. Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet Zemun, Srbija.

Roy R.N., Finck A., Blair G.J., Tandon H.L.S. (2006): Plant nutrition for food security :A guide for integrated nutrient management. Food And Agriculture Organization Of The United Nations, Rome, 2006.

Vukadinović, V. & Vukadinović, V. (2011): Ishrana bilja. Sveučilište Josipa Juraja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Hrvatska.

Вучић, Н., (Нови Сад, 1987): Водни, ваздушни и топлотни режим земљишта. 11. Вучић, Н., (Нови Сад, 1992) : Монографија, Хигијена земљишта.

Југословенско друштво за проучавање земљишта, (Београд, 1966): Приручник за испитивање земљишта, књига И, Хемијске методе испитивања земљишта.

Кастори, Р. (2000): Физиологија биљака. Пољопривредни факултет, Нови Сад.

Кастори, Р. (2006): Узорковање земљишта и биљака незагађених и загађених станишта. Научни институт за ратарство и повртарство, Нови Сад.

Мирјана Кресовић, Благојевић, С. (2005): Кружење азота у природи. Монографија: Азот - агрохемијски, агротехнички, физиолошки и еколошки аспекти. (Р. Кастори ед.), п. 17-31, Нови Сад.

Митић, К, Кецман, И. (2001): Ђубрива и оплемењивачи земљишта у Југославији. Друштво за заштиту биља Србије.

Пантовић, М., Џамић, Р., Петровић, М., Јаковљевић, М. (1989): Практикум из агрохемије. Пољопривредни факултет, Београд-Земун.

Убавић, М, Богдановић, Д. (2001): Агрохемија. Пољопривредни факултет, Нови Сад.

Убавић, М, Богдановић, Д. (2006): Практикум из агрохемије. Пољопривредни факултет, Нови Сад.

Убавић, М, Кастори, Р., Преић, А. (1990): Ђубрење воћњака и винограда. Зорка, Субитица.

Шкорић, А., Филиповски, Г., Ђирић, М.: Класификација земљишта Југославије, Академија наука и умјетности Босне и Херцеговине, Посебна издања, књига ЛХХВИИИ, Сарајево, 1985.