

## AKTUAL ƏDƏBİYYAT İCMALI

UOT 631.43:631.51

TORPAQ SAĞLAMLIĞI VƏ BİTKİ MƏHSULDARLIĞININ YAŞILASDIRILMASINDA  
TORPAQ-EKOLOJİ MÜHİTİN FİZİKİ XASSƏLƏRİNİN TƏNZİMLƏNMƏSİNİN ROLU

N.Q.HÜMMƏTOV

Əkinçilik Elmi-Tədqiqat İnstitutu, AZ 1098, Sovxoz № 2, Pırşaqı qəs., Bakı, Azərbaycan;  
ngummatov@mail.ruROLE OF SOIL-ECOLOGICAL ENVIRONMENT PHYSICAL PROPERTIES  
REGULATION IN IMPROVING OF SOIL HEALTH AND PLANT PRODUCTIVITY

N.G.HUMMATOV

Research Institute of Crop Husbandry; ngummatov@mail.ru

*On the background of current climate change, the soil health plays an important role in people's lives and livelihoods. Global population growth and rising demand for foodstuff, feed, fiber and even fuel, as well as the long-term sustainable agricultural production require the protection and management of the soil health. Soil health is an integral part of the food security system and a key factor in production of healthy food. Cultivation of plants used in the provision of healthy food to human and animals in a healthy soil-ecological environment is an important. The quality of food in one form or another is directly related to the quality of the soil. The healthy soil is a dynamic living physical ecosystem inhabited by numerous micro- and macro-organisms that perform vital functions - organic matter transformation, nutrient cycle, structure formation (aggregation), and etc. Based on literature, the article explains importance of regulating physical properties of the soil-ecological environment in order to improve physical health of the soil and productivity of agricultural crops. Broad information on physical properties of the soil-ecological environment, which limits growth, development and productivity of the plants was provided and their individual and complex effects on formation of the soil quality were discussed in detail. The leading role of effective management of various cultivation methods (conventional plowing, deep loosening, zero and ridge tillage, etc.), crop rotation, plant protection measures, organic and mineral fertilizers apply, mulching, cover crops, use of green fertilizers, and etc. in improving the physical health of the soil and productivity of the plants, depending on agro-ecological conditions was noted. Also, depending on the granulometric composition, sensitivity of dynamic physical quality indicators of the soil (moisture, density, porosity, structural-aggregate composition, water retention and water permeability, etc.) to environmental factors and anthropogenic influences, and stipulation of the soil microbiological, biochemical, physicochemical and nutritive regimes was emphasized.*

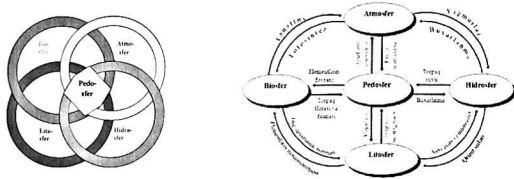
**Açar sözlər:** torpaq sağlamlığı, torpağın fiziki xassələri və keyfiyyəti, qranulometrik tərkib, saxslama qabiliyyəti, torpağın strukturu, sıxlığı və kipləşməsi, torpağın optimal becərilməsi və gübrələnməsi, bitki məhsuldarlığı

**Ключевые слова:** здоровье почв, физические свойства и качество почвы, гранулометрический состав, водоудерживающая способность, структура, плотность и уплотнение почвы, оптимальная обработка и удобрённость почвы, продуктивность растений

**Keywords:** soil health, physical properties and quality of soil, particle-size distribution, water retention, structure, density and compaction of soil, optimal tillage and fertilization of soil, plant productivity

## GİRİŞ

Torpaq – atmosfer havası, səth və qrunt suları ilə birlikdə ətraf mühitin keyfiyyətinə nəzərət komponentlərindən biridir. Çirklənə dərcəsinə görə torpağın keyfiyyətini qiymətləndirilməsi geniş yayılmış üsul olmasına baxmayaraq, məhdud informasiya tutumuna malikdir [32; 58; 67]. Torpaq örtüyü (pedosfer) atmosfer, biosfer, hidrosfer və litosferlə dinnmi qarşılıqlı əlaqədə olub, biosferin funksional komponenti (şəkil 1), təsərrüfat fəaliyyətinin mürəkkəb və nadir obyektidir [124; 145; 179; 203]. Bu baxımdan torpağın keyfiyyəti daha geniş mürəkkəb anlayışdır. Ümumilikdə “torpağın keyfiyyəti” anlayışına “torpağın istifadəyə yararlılığı” və “funksiyaları həyata keçirmək qabiliyyəti” kimi baxılır [28; 71]. “torpağın keyfiyyəti – onun istifadəsi üçün başlıca funksiyaları həyata keçirmək qabiliyyətidir”. Belə ki, kənd təsərrüfatı istifadəsi üçün torpağın keyfiyyəti onun ərzaq (qida) istehsalını təmin etmək, ekoloji baxımdan isə – bitkinin böyüməsi və inkişafını stimullaşdırmaq, yağıntılarını və suvarma suyunun paylanması və infiltrasiyasını tənzimləməklə bitkini nəmliklə təmin etmək, su və havanın çirklənməsinin qarşısını almaq qabiliyyətidir və s. Bəzi yənaşmalarda sadələşdirilərək “torpağın keyfiyyəti” “münbətilik” anlayışının sinonimi kimi qəbul edilir [16; 35].



Şəkil 1. Pedosferin atmosfer, biosfer, hidrosfer və litosferlə qarşılıqlı əlaqəsi

Daha geniş mənada torpağın keyfiyyəti – torpaq istifadəsi çərçivəsində ekosistem daxilində davamlı bioloji məhsuldarlığı, ətraf mühitin keyfiyyətini eləcə də bitki, insan və heyvan orqanizmlərinin sağlamlığını təmin etmək qabiliyyətidir [71; 99; 100; 158]. Bu eyni zamanda ətraf mühitə zərər vermədən torpağın canlıların həyat fəaliyyətini təmin etmək qabiliyyətidir. Qeyd etmək lazımdır ki, ümumiyyətlə “torpağın keyfiyyəti” və “torpağın sağlamlığı” anlayışları əksər tədqiqatçılar tərəfindən eyni mənalı anlayışlar kimi qəbul edilir [99; 181]. Bu iki anlayış arasında kiçik konseptual fərq odur ki, torpağın sağlamlığı dinamik xassələrə (dinamik torpaq keyfiyyəti) əsaslandığı halda, torpağın keyfiyyəti eyni zamanda həm dinamik, həm də təbii və antropogen təsirlərdən az dəyişən təbii-daxili xassələrə əsaslanır [155]. Ümumiyyətlə, tədqiqatçıların “torpaqın keyfiyyəti”, kənd təsərrüfatı məhsul istehsalçıların (fermerlər) isə “torpağın sağlamlığı” anlayışına daha çox üstünlük verdikləri müşahidə olunur. Torpağın keyfiyyəti kənd təsərrüfatı bitkilərinin sağlamlığı vasitəsilə insan və heyvan orqanizmlərinin sağlamlığına təsir edir [198]. Torpağın sağlamlığı bitkinin sağlamlığını analoji şəkildə əks etdirə bilər [112; 147]. Əksər hallarda xəstəlik baxımından torpaq və bitki sağlamlığı arasında əlaqəni müəyyən etmək mümkündür [86].

Torpaq sağlamlığı – ərzaq təhlükəsizliyi sisteminin fundamental tərkib hissəsi olub, sağlamlıq qida məhsulları istehsalının əsasını təşkil edir. Torpaq – kənd təsərrüfatının əsas istehsal vasitəsi, praktiki olaraq ərzaq məhsullarının istehsalı üçün istifadə olunan bütün bitkilərin böyüyüb inkişaf etdiyi təbii ekoloji mühit olduğundan insan və heyvanların sağlamlıq qida ilə təmin olunmasında istifadə edilən

bitkilərin sağlamlıq torpaq mühitində yetişməsi mümkün şərtidir. Bununla yanaşı, ərzaq məhsullarının keyfiyyət və kəmiyyəti bilavastə torpağın sağlamlığı ilə də əlaqədardır. Torpağın ərzaq və qida təhlükəsizliyinin təmin edilməsində insanların ən önəmli müttəfiqi olduğuna əsasən torpaq-bitki örtüyünün mühafizəsi və monitorinqi daim diqqət mərkəzindədir [1; 2; 13; 14; 37-40; 57; 62; 96].

Sağlam torpaq – bir çox mühüm həyat funksiyaları (üzvi maddələrin çevrilməsi, qida maddələrinin dövranı, bitki xəstəlikləri, əlaqə otları və zərərvericilərə mübarizə, torpağın strukturunun və susaxlama qabiliyyətinin yaxşılaşması və s.) yerinə yetirən çox sayda mikro- və makroskopik orqanizmlərin yaşadığı canlı, dinamik bir ekosistemdir [22; 30; 55; 56]. Sağlam torpaq üzvi karbon tərkibini qoruyub-ətrafı qıclım dəyişikliyinə torpaq-bitki örtüyünə [137] təsirlərini azaltmağa kömək edir.

Torpağın ümumi keyfiyyəti (sağlamlığı) fiziki, kimyəvi və bioloji komponentlərdən ibarətdir. Dinamik ekosistem baxımından torpağın fiziki keyfiyyəti xüsusi əhəmiyyətə malikdir [7; 8; 70; 107; 128]. Belə ki, torpaq örtüyü dinamik canlı sistem olmaqla yanaşı, eyni zamanda aşağı və yuxarı sərhədlərə məhdudlaşan açıq fiziki sistemdir. Torpağın digər keyfiyyət komponentlərinin formalaşması bilavastə onun fiziki keyfiyyətindən asılıdır.

Torpaq düşən bitki toxumlarının cücərməsi və inkişafı baxımında qida maddələrinin mənimlənməsi və daşınması məhdudiyyətini şərtləndirən bütün fiziki xassələr [23; 29; 43; 49; 118; 124; 142; 145; 167; 193] torpağın fiziki sağlamlığı ilə əlaqədardır. Bitki məhsuldarlığının yüksək səviyyəsi üçün torpağın qənaətbəxş fiziki keyfiyyətini təmin edən əkinçilik sistemi vacibdir. İstənilən əkinçilik sisteminə torpağın fiziki sağlamlığı başlıca rol oynadığından torpağın fiziki keyfiyyətini nəzərəcarpacaq dərəcədə pisləşməsi şəraitində gübrələrin, yaxşılaşdırılacaq bitki sordlarının, xəstəlik və zərərvericilərə qarşı mübarizə tədbirlərinin birlikdə tətbiqi belə yüksək məhsuldarlığı təmin edə bilmir. Torpağın fiziki keyfiyyəti pisləşdikdə, onun bərpası uzun müddət tələb edir ki, bu, torpaq digər xassələrinə, torpaqda gedən bir sıra proseslərə öz təsirini göstərərək son nəticədə məhsuldarlığı azalmasına səbəb olur. Beləliklə, bitkinin optimal böyüməsi və inkişafında torpağın fiziki keyfiyyəti bir tərəfdən kək sisteminin inkişafı üçün əlverişli mühiti, digər tərəfdən bitkinin suya və qida maddələrinə olan tələbatının ödənilməsinə təmin edir. Bu baxımdan təbii resursların qorunması, sənədarli istifadəsi və ərzaq məhsullarının davamlı istehsalı torpağın fiziki keyfiyyətini qənaətbəxş səviyyədə saxlanmasına ilə sıx əlaqədardır [105; 123; 157; 175; 200].

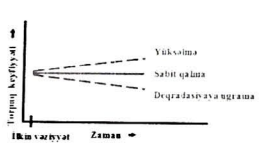
Bitkilərin böyüməsi, inkişafı və məhsuldarlığı məhdudlaşdıran əsas fiziki xassələr torpağın qranulometrik və struktur-əqrəq tərkibi, sıxlığı, məsaməliliyi, infiltrasiya sürəti, susaxlama və suzsuzdurma qabiliyyəti, kipləşməsi, aerasiyası, temperaturu və s.-dir. Bitkinin su və qida maddələrinə olan tələbatının ödənilməsinə torpaq “təbii rezervuar” rolunu oynayır, onun böyüməsi və davamlı inkişafını təmin edir. Bitkiçilik baxımından iqtisadi cəhətdən yüksək sənədarli məhsul əldə etmək üçün adekvat torpaq-ekoloji şəraiti tələb olunur. Bitkilərin daha yaxşı böyüməsi və yüksək məhsul verməsi üçün torpaq-ekoloji mühitini, bu mühitin məhdudiyyətlərini başa düşmək və mümkün olduqda onun sağlamlığına zərər vermədən yaxşılaşdırmaq lazımdır [3; 19; 48].

Torpaq antropogen təsir olmadan təbii vəziyyətində kənd təsərrüfatı bitkilərinin inkişafı üçün daha əlverişli fiziki şəraiti çox nadir hallarda təmin edir. Bitki seçsisiyinin nailiyyətlərindən istifadə etməklə məhsuldarlığı yüksəltmək və torpaqda fiziki şəraiti yaxşılaşdırmaq üçün torpağın becərməsinin, gübrələrin tətbiqinin, torpaqda su qıtlığı və artıqlığın əhəmiyyəti danılmalıdır [5; 6; 91; 136; 153; 171]. Kənd təsərrüfatı bitkilərinin inkişafı və məhsuldarlığını məhdudlaşdıran bir çox torpaq-fiziki xassələrini əkinçilik praktikasında də təsdiqi tapmışdır (baxmayaraq ki, bəzən fermer təsərrüfatlarında bu məsələ elmi nəqətyə-nəzərdən kəmiyyətə lazımi səviyyədə qiymətləndirilmir). Torpağın fiziki sağlamlığının bu və ya digər üsullarla nəzərdə saxlanmaması zaman keçdikcə strukturunun pisləşməsi və ya eroziyaya uğrama meyilinin artması səbəbindən, onun keyfiyyətinin neqativ istiqamətdə dəyişməsinə şərait yarama bilər.

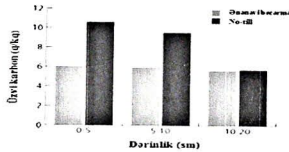
Bitkilərin böyümə məhdudiyətinin yumuşaldılması üçün torpaq-fiziki şəraitinin idarə olunması bir tərəfdən torpaq keyfiyyətinin qorunmasına, digər tərəfdən isə degradasiyaya uğramasına şərait yaradır. Bitkilərin qənaətbəxş səviyyədə böyüməsi üçün əlverişli torpaq-fiziki mühitin olması mühüm şərtidir. Belə ki, fiziki mühit bitki köklərinin müvafiq torpaq həcmində yayılmasını, inkişafını, suya və qida maddələrinə olan tələbatını ödəməli və bitki orqanizminin köklər vasitəsilə torpaqda möhkəmlənməsini təmin etməlidir.

Kənd təsərrüfatında yeni texnologiyaların tətbiqi məhsuldarlığı məhdudlaşdıran torpağın fiziki xassələrinin dərk edilməsini yüksəltmişdir. Tarla şəraitində torpaq komponentləri və temperaturunun dinamikasının düzgün dərk edilməsi onun fiziki yetişkənliyinin yaxşılaşdırılması istiqamətində uyğun idarəetmə texnologiyasının hazırlanması üçün başlıca şərtlərdir. Lakin torpağın fiziki xassələrinin dəyişməsi və məhsuldarlığa təsirinin əsaslıqla reallaşdırılma bilinməməsinin səbəbi, onların son dərəcə dinamikliyi və müəyyən təbii olmalarıdır. Torpağın bərk, maye və qaz fazalarının kəmiyyətcə qarşılıqlı əlaqəsi onun bir çox fiziki parametrləri ilə müəyyən olunur. Məsələn, kənd təsərrüfatı bitkilərinin məhsuldarlığının asuqlu olmasını şərtləndirən əsas torpaq-fiziki məhdudiyətlər susaxılmanın aşağı, sukeçirmənin yuxarı olması və ya əksinə, şum və şumaltı qatın sıxlığının (penetrasiyaya qarşı müqavimətin) yüksəkliyini, torpaq qatının dayazlığını və s. aid etmək olar [78; 108; 150; 202].

Torpağın keyfiyyətinin azalması (şəkil 2) bitkilərin məhsuldarlığını, plastikliyini (şəraitə tez uyğunlaşması və bərpasını) və inkişafını məhdudlaşdıraraq adətən fiziki və bioloji xarakterdə olur. Odur ki, bitkilərin qidalanma şəraitinin tənzimlənməsi üzvi maddənin və onunla əlaqədar olan bioloji və fiziki keyfiyyət göstəricilərinin idarə olunması vasitəsilə həyata keçirilə bilər. Ümumilikdə kənd təsərrüfatı istifadəsində olan torpaqlarda üzvi karbonun miqdarının azalması (şəkil 3), bununla yanaşı torpağın intensiv becərilməsi, ağır texnikadan geniş istifadə, üzvi maddənin torpağa qayıtılma səviyyəsinin aşağılığı, becərmə sistemlərindən dar spektrdə istifadə olunması, aqrotekniki əməliyyatların vaxtında və düzgün aparılmaması və s. torpağın fiziki və bioloji degradasiyasına səbəb olur.



Şəkil 2. Zaman keçdikcə torpağın keyfiyyətinin dəyişmə dinamikası [182].



Şəkil 3. Becərmə üsulundan asılı olaraq 10 il müddətində torpaqda üzvi karbonun dəyişməsi [114].

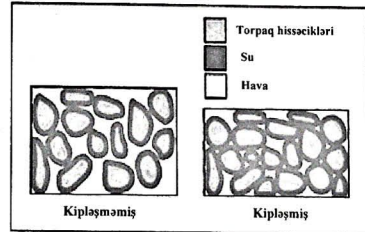
Yuxarıda göstərilənləri nəzərə alaraq məqalənin yazılmasında məqsəd ekosistemlərə təbii və antropogen təsirlər fonunda ərzaq təhlükəsizliyinin fundamental komponenti olan torpağın keyfiyyətinin (sağlamlığının) fiziki komponenti və bitki sağlamlığının yaxşılaşdırılması üçün praktik əkinçilikdə torpaq-ekoloji mühitin əsas fiziki xassələrinin tənzimlənməsinə dair elmi ədəbiyyat materiallarının araşdırılmasının şərhindən ibarət olmuşdur.

## TORPAQ-İKOLOJİ MÜHİTİN ƏSAS FİZİKİ XASSƏLƏRİ

- Torpağın kipləşməsi.
- Torpağın qranulometrik və struktur tərkibi.
- Torpağın fiziki yetişkənliyi və becərilməsi.
- Torpaq aqreqatlarının mexaniki davamlılığı və suydavamlılığı.
- Torpaq suyu.
- İnfiltrasiya, susaxılma və sukeçirmə.
- Torpağın aerasiyası, hava mübadiləsi və hava keçiriciliyi.
- Torpağın temperaturu, istilik tutumu və temperatur keçiriciliyi.

## TORPAĞIN KIPLƏŞMƏSİ

Torpağın kipləşməsi – torpağın məsamə fazasının mexaniki təsirdən azalması və sıxlığının artmasıdır. Mexaniki təsir nəticəsində torpaq hissəcikləri bir-birinə yaxınlaşaraq (sıxlaşaraq) onlar arasında olan məsamə fazasının həcmi kiçilir və torpaq kipləşir (şəkil 4).



Şəkil 4. Kipləşmənin məsamə fazasına təsiri [209].

Yüksək dərəcədə kipləşmiş torpaqlarda iri məsamələrin həcmi, kipləşmiş qatda suyun həpma (infiltrasiya) və axma sürəti kiçik olur. Torpağa bu və ya digər formada su daxil olduqda onun hərəkəti əvvəlcə sukeçiriciliyi üçün daha effektiv olan iri məsamələrdə baş verir. Bundan başqa, kipləşmiş torpaqlarda qaz mübadiləsi zəifləyir ki, bu da aerasiya ilə əlaqəli problemlərin yaranma ehtimalını artırır. Nəhayət, torpağın kipləşməsi bir tərəfdən onun bərkliyini (məhkəmliyini) – mexaniki təsire davamlılığını (penetrasiyaya qarşı müqavimətini) artırır, digər tərəfdən isə bitki köklərinin kipləşmiş qatdan keçməsi üçün daha böyük qüvvə sarf etməsinə səbəb olur. Kipləşmə torpağın fiziki göstəriciləri ilə yanaşı, bioloji göstəricilərinə də çox ciddi təsir edir [106; 125; 144; 161; 192].

Torpağın kipləşməsi məsamələrin ölçülərinə görə paylanmasına, məsamə fazasının həcmi və davamlılığını dəyişir. Kəmiyyətcə bu dəyişmənin müəyyən edilməsi üsullarından biri torpaq sıxlığının ( $\rho_b$ ,  $q/sm^3$ ) təyin olunmasıdır (son zamanlar torpağın sıxlığı ilə yanaşı onun penetrasiyaya qarşı müqavimətini – bərkliyinin təyin edilməsi də geniş vüsət almışdır). Məsamə fazasının həcmi azalması ilə torpağın sıxlığı artır. Gil (clay) və toz (silt) fraksiyalarının cəminin %-lə miqdarı (fiziki gil,  $<0.01$  mm hissəciklərin miqdarı) yüksək olan torpaqların qumlu (sand)

torpaqlara nisbətən təbii şərəitdə məsəmə fəzəsi böyük, sıxıǵı isə kiçik olur. Sıxıǵı torpaǵın fiziki dəqradasiyasının diaqnostik parametrlərindən biri olub, antropogen təsirlərə çox həssasdır [52; 60; 66; 54; 59; 75]. Cədvəl 1-də torpaǵın qranulometrik tərkibindən asılı olaraq bitki köklərinin normal inkişafı üçün sıxıǵın optimal və kritik qiymətləri göstərilmişdir [182].

Cədvəl 1

Torpaǵın qranulometrik tərkibindən asılı olaraq bitki köklərinin inkişafının sıxıǵının ümumi əlaqəsi

Torpaq	Optimal sıxıǵ	Kritik sıxıǵ
	q/sm <sup>3</sup>	
Qumlu	<1.60	>1.80
Tozlu (illit)	<1.40	>1.65
Gilli	<1.10	>1.47

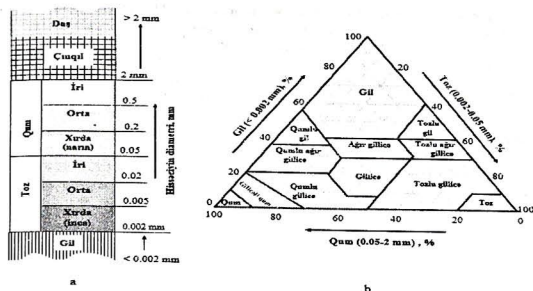
Dəmyə şəraitində yem noxudu altında kişləmiş (500 kq dəmir vordəmə ilə 2 gedış) torpaqların müxtəlif qatlarında (0-15, 15-30, 30-45 sm) aparılan tədqiqatlar nəticəsində nəmliyin 15-33 % çox, doymuş hidravlik keçiriciliyin (filtrasiya əmsəlinin) kişləmiş variantla müqayisədə 13-25 % az olduǵu müəyyən edilmişdir [127]. Müəlliflər alınmış nəticənin böyük ehtimala kişləmə səbəbindən sıxıǵın artması ilə əlaqədar olduǵunu qeyd edirlər.

Bəzi tədqiqatçıların məlumatlarına görə [92] qida maddələrinin inteqr idarə olunması nəticəsində nəzarətlə müqayisədə torpaǵın sıxıǵı (9.3 %), penetrasiyaya qarşı müqaviməti (42.6 %) azalır, hidravlik keçiriciliyi (95.8 %), suyadavamlı əqreqlərin ortaqəkil diəmetri (13.8 %) və torpaqda üzvi karbonun miqdarı (45.2 %) artır. Təvsiyə olunan mineral gübrə norması (NPK) ilə birlikdə ildə 4 t/ha üzvi kompostun (FYM) verilməsi dəmyə şəraitində becərilən soyandan bə məhsuldarlığını əhəmiyyətli dərəcədə yaxşılaşdırmışdır: 14.2 % NPK-ya, 50.3 % nəzarətlə nisbətən artım olmuşdur. Müəlliflər habelə NPK+FYM-in kompleks istifadəsi zamanı su sərfiyyatının effektivliyinin (19.3 kq/ha-sm) NPK (17.0 kq/ha-sm) və nəzarətlə (13.6 kq/ha-sm) müqayisədə daha yüksək olduǵunu qeyd edirlər.

## TORPAĞIN QRANULOMETRİK VƏ STRUKTUR TƏRKİBİ

### 1. Torpaǵın qranulometrik tərkibi

Torpaǵın qranulometrik tərkibi – mineral hissəsinin qum (0.05-2 mm), toz (0.002-0.05 mm) və gil (<0.002 mm) fraksiyaları vasitəsilə ifadə edilmiş nisbi miqdarıdır. Torpaqların müxtəlif ölçülü hissəciklərin nisbəti kimi xarakterizə olunmasının səbəbi hissəciklərin ölçülərinin torpaǵın inkişafı və bitkilərin reaksiyası ilə əlaqədar olmasındır. Bir çox torpaq xassələrinin qranulometrik tərkibdən asılı olmasına baxmayaraq, hal-hazırda bütün torpaqlar üçün ümumşədirilmiş qranulometrik komponentlərin universal nisbəti mövcud deyildir (!). Bu qeyri-müəyyənliyin əsas səbəbi verilmiş ölçülü torpaq hissəciklərinin eynitipli və eynixarakterli olmasındadır. Məsələn, gilin miqdarı eyni olan torpaq, onun növbəti və uyğun olaraq şişmə qabiliyyətinə, elastikliyinə və s. görə fərqlənə bilər. Məlumdur ki, kaolinitə nisbətən montmorillonit daha elastikdir. Bundan başqa, şişmə qabiliyyəti və elastiklik hissəciklərə məxsus olubun şəraitdən asılıdır. Məsələn, elastiklik kationların növbəndən (Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, H<sup>+</sup> və s.) və müəbədilvi kation tutumundan (CEC) asılıdır. Qum, toz (il) və gilin nisbi miqdar məlum olarsa, torpaǵın mövcud 12 qranulometrik tərkib sinfini Ferre üçbucağı vasitəsilə təyin etmək olar (şəkil 5).



Şəkil 5. Torpağın qranulometrik tərkibi (a) və USDA (ABŞ KTN) təsnifatı (b) [124; 203]

### 2. Torpağın struktur tərkibi

Torpaq açıq fiziki sistem olaraq əsasən qeyri-üzvi hissəciklər qanışı, üzvi maddə çürüntüsü, su və havadan ibarətdir. Müxtəlif ölçülü ilkin qeyri-üzvi hissəciklər (qum, toz və gil) klaster formasında birləşərək, müəssəkəb və qeyri-müntəzəm strukturlu, törəmə hissəciklərdən ibarət əqreqlər əmələ gətirirlər. Torpaq strukturu – müyyən strukturlu ilkin və törəmə hissəciklərin məkan paylanması və ya yerləşməsidir. Torpaq bir çox fiziki xassə və rejimləri onun struktur vəziyyətindən əhəmiyyətli dərəcədə asılıdır. Torpaq susaxlama və sukeçirmə qabiliyyəti, məsaməlilik və aerasiya, istilikkeçiriciliyi və s. Ökənlik praktikasında istifadə olunan müxtəlif tiyullar – torpaq becəmələri, mineral və üzvi gübrələrin tətbiqi, suvarma, yaxşılaşdırıcı tədbirlər və s. torpaq strukturunu müəyyən qədər dəyişməklə yanaşı, bitki köklərinin böyüməsinə, su və qida maddələrinin udmasına, bitkinin inkişafına və məhsuldarlığına bu və ya digər dərəcədə təsir göstərir. Başqa sözlə, torpaq strukturu pedosferdə mərkəzi funksional rol oynayır [143; 145; 23; 10; 11; 27; 163; 51].

## TORPAĞIN FİZİKİ YETİŞKƏNLİYİ VƏ BECƏRİLMƏSİ

### 1. Torpağın fiziki yetişkənliyi (TFY)

TFY (torpağın becərməyə fiziki yararlılığı) – torpağın becərilməsi, xüsusən bitki toxumunun səpilməsi və növbəti mərhələdə toxumun inkişafı üçün ən uyğun torpaq-fiziki vəziyyətidir. TFY-ni şərtləndirən amillər aşağıdakılardır: əqreqləşmiş torpaq hissəciklərinin əmələ gəlməsi və stabilliyi, nəmliyin miqdarı, aerasiya dərəcəsi, suyun infiltrasiya və axın sürəti və s. TFY ətraf mühit amilləri – torpağın nəmliyi, becərilməsi və yaxşılaşdırıcı tədbirlərdən asılı olaraq təzə bir zamanda dəyişə bilər. TFY optimal səviyyədə olanda torpaqda infiltrasiya və aerasiya üçün məzəmə fəzəsi daha böyük olur. Bitki kökləri torpaqda kifayət qədər oksigenlə təmin olunmuş məsələlərdə inkişaf edir. Belə şəraitdə torpaqda kifayət qədər nəmlik və qida maddələrinin olub.

Digər tərəfdən torpağın becərilməsi torpaqla mexaniki əməliyyat prosesi olub, toxumların yaxşı cülcəməsi və bitkinin inkişafı üçün əlverişli şəraitə, alaq otlarına qarşı mübarizəni təmin etmək, torpağın infiltrasiya qabiliyyətini və aerasiya tutumunu qorumaqdır. Texnoloji baxımdan planlaşdırılmış formada

və elmi asarlarla həyata keçirilən torpaq becərməli toxumların yaxşı cücürməsinə və bitkinin effektiv inkişafına uyğun əlverişli mühit şəraitini təmin edir. Bundan başqa, o, eroziya ilə mübarizə baxımından torpaq strukturunun davamlılığının qorunmasına da şərait yaradır.

Tədqiqatlar göstərir ki, şum qatından aşağıda bərkimiş qatın (HP) əmələ gəlməsi yağış suyunun şumaltı qatı infiltrasiyasını və bu qatda köklərin yayılmasını məhdudlaşdırır [162; 164]. Müəlliflər allüvial, bozlaşmış, qırmızı və qaratorpaqlarda bərkimiş qatın mexaniki üsullarla (darın yumsaltma, darın şum) dağıdılmasını infiltrasiyanı yaxşılaşdırma, şum və şumaltı qatında nəmlik ehtiyatının artmasına və dəmənə şəraitində müxtəlif bitkilərin (buğda, qarğıdalı, lobya, mısır, yerfındığı, dar və s.) məhsuldarlığını yüksəltməsinə səbəb olduğunu qeyd edir.

Digər bir tədqiqat işində [169] oxşar nəticələrin alındığı göstərilir və fermer təsərrüfatlarında becərilən əsas kənd təsərrüfatı bitkilərinin məhsuldarlığını darın yumsaltmanın müsbət təsiri qeyd olunur. Belə ki, qırmızı torpaqlarda ağır kultivatorla darın yumsaltma texnologiyasının tətbiqi (45-50 sm intervalla) nəticəsində dəmənə şəraitində becərilən qarğıdalı, sorqo, yerfındığı, və s. bitkilərin məhsuldarlığı 18.6-64.1 % artmışdır. Analoji texnologiyanın (60 sm intervalla 30 sm dərinlikdə yumsaltma) qaratorpaqda tətbiqi məhsuldarlığını 12 % artırdığı göstərir. Bu texnologiyanın fermer təsərrüfatının eyniadlı torpaqlarında tətbiqi zamanı torpaq yaxşılaşdırıcı vasitələrdən istifadə olunması (5 t/ha gips və ya 25 t/ha kompost) şəkər qamışının məhsuldarlığını 25.4 % artırmışdır. Qumlu (qumsal) torpaqlarda 50 sm intervalla 40 sm darın yumsaltma nəticəsində, uyğun olaraq, buğda və pambığın məhsuldarlığı 14 və 17 % artmışdır.

Məlumdur ki, çalıtık əkinçiliyində əksər hallarda adi gölləndirmə üsulundan istifadə olunur. Torpaqda gölməçələrin yaranması nəticəsində aqreqatların dağılması, makroməsamə strukturunun pozulması və torpaqaltı bərk qatın əmələ gəlməsi baş verir ki, bu da əlaqə onların yayılmasına şərait yaradır və darın qatlarına suyun infiltrasiyasını zəiflədir [176]. Çalıtık məhsulu yığıldıqdan sonra torpaqda qalan gölməçələrin quruması həftələrlə davam edir və torpaqda darın çatlar əmələ gəlir ki, bu da torpağın becərməsi zamanı iri kəltənlərin yaranmasına səbəb olur. Nəticədə, buğda və digər bitkilərin səpini üçün əlavə torpaq becərməsi tələb olunur ki, bu da fermerlərin məmfəətini müəyyən qədər azaldır [177].

## 2. Becərmənin torpağın fiziki sağlamlığına və bitkinin məhsuldarlığına təsiri

Çoxsaylı ədəbiyyat məlumatlarında müxtəlif becərmə üsullarının torpağın fiziki sağlamlıq göstəricilərinə və kənd təsərrüfatı bitkilərinin məhsuldarlığına əhəmiyyətli dərəcədə təsir etdiyini göstərilir [17; 20; 42; 50; 83; 84; 93; 116; 121; 134; 135; 139; 148; 159; 170; 184]. Lakin bu təsirin effektivliyi torpağın granulometrik tərkibindən asılıdır. Belə ki, qumlu və qumsal torpaqlarda çalıtık-buğda əkin sistemində bitki qalıqları olmadan birbaşa əkin (NT), frezə becərmə (RT) və bitki qalıqları olduqda birbaşa əkin (HS) üsullarının tətbiqi ilə torpaqların infiltrasiya xarakteristikası, sıxlığı, məsaməliliyi, penetrasiyaya qarşı müqaviməti, çalıtık və buğda bitkilərinin dərin məhsuldarlığı birənilliyədir [132]. Tədqiqatın nəticələrinə görə 0-15 sm qatında qumsal torpağın sıxlığı becərmə variantlarından asılı olaraq 1.55-1.57 q/sm<sup>3</sup>, qumlu torpağın sıxlığı isə 1.55-1.58 q/sm<sup>3</sup> intervallında dəyişmişdir. Uyğun olaraq məsaməlilik 39.8-41.7 %, 40.6-41.2 % intervallında təəddüd etmişdir. Bu parametrlərin kiçik diapazonda dəyişməsi qumlu və qumsal torpaqların nisbətən birincis qranulometrik tərkibə malik olması ilə əlaqədər ola bilər. Qumsal torpaqlarda çalıtıkdən ən yüksək məhsul (8.0 t/ha) RT-də (variantlar üzrə dəyişmə intervallı 7.0-8.0 t/ha), buğdadan – 4.5 t/ha HS-də (3.9-4.5 t/ha) alınmışdır. Uyğun olaraq qumlu torpaqlarda: çalıtıkdən – 6.5 t/ha RT-də (5.6-6.5 t/ha), buğdadan – 3.6 t/ha HS-də (2.7-3.6 t/ha) alınmışdır.

Bununla yanaşı torpağın xassa və rejimlərinin, o cümlədən strukturunu və suyadavamlılığını, nəmlik ehtiyatı, susaxlama və sukeçirmə qabiliyyətinin və s., yekun nəticədə isə bitkilərin məhsuldarlığını becərmə üsullarından bu və ya digər dərəcədə asılı olduğu bir çox tədqiqatlarla təsdiq

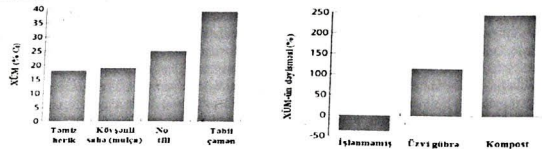
edilmişdir [61; 65; 76; 81; 82; 94; 95; 104; 113; 120; 130; 154; 172; 173; 191; 197]. Müxtəlif aqroekoloji şəraitdə və müəyyən aqrotexniki tədbirlər fonunda (gübrələmə, torpaqyaxşılaşdırıcı bioloji maddələrdən istifadə və s.) becərmə üsullarının (adi şum, darın yumsaltma, ağır disklə mala ilə becərmə, tirələ becərmə, sifir becərmə və s.) torpağın sağlamlığına həm yaxşılaşdırıcı, həm də məhdudlaşdırıcı təsiri müşahidə olunur. Məsələn: adi şum və darın yumsaltma zamanı torpağın sağlamlığının yaxşılaşdırılması baxımından əlaqəli toxumların, xastalıqtərəddici patogenlərin torpağın darın qatlarına basdırılması, torpaq kipləşməsinin müvafiqi olaraq aradan qaldırılması və s.; məhdudlaşdırma baxımından isə torpaq səthinin "çılpaq" (kövsənsiz) qalmasını, nəmlik ehtiyatının azalmasını, qıyacaqəmələgəlmə və eroziyanın sürətlənməsini, aqronomik qiymətli aqreqatların dağılmasını, üzvi maddə itkisinin artmasını, enerji tələbatının yüksəlməsini və s. göstərmək olar. Uyğun olaraq sifir, və tirələ becərmə zamanı – torpaq strukturunun əhəmiyyətli dərəcədə pozulmaması, üzvi maddə itkisinin cüzi olması, təbii torpaq səhələrinə kipləşdirici təsirin və enerji tələbatının azalması, torpaq səthinin bitki qalıqları ilə örtülməsi və eroziyadan mühafizə, gübrə və yaxşılaşdırıcı maddələrin tətbiqinin asanlaşması, tirədə əlaqə otları, xastalıklar və zərərvericilərə asanlıqla nəzarət olunması, tirə zolağında istilik-nəmlik rejiminin tərs formalaşması və toxumların yaxşı cücürməsi və s. kimi yaxşılaşdırma; – torpağın təbii kipləşməsinin aradan qaldırılması çətinliyi, əkin döviyyəsi və s. örtülü əkinlər təbii olunduqda xastalıklar və zərərvericilərin geniş yayılması, qısa rotasiyalı əkinlərdə tətbiqinin çətinliyi, tirələrin dağıdılmaması üçün aqrotexnikanın dəqiq nizamlanması və s. kimi məhdudlaşdırma amilləri ilə rastlaşılır.

Məlumdur ki, torpağın üzvi maddəsi (üzvi karbon) onun keyfiyyətinin integral göstəricisidir. Əkinəli torpaqlarda üzvi maddənin miqdarı, xüsusən onun labil (tez parçalanan) hissəsi becərmə üsulu, əkin döviyyəsi və üzvi gübrələrin tətbiqindən əhəmiyyətli dərəcədə asılıdır [107; 122; 174; 195; 204]. Bu baxımdan torpağın üzvi maddəsinin bioloji aktiv və dinamik fraksiyası olan, labil üzvi maddənin əhəmiyyətli hissəsini təşkil edən xüsusi üzvi maddə (XUM) mühüm əhəmiyyət kəsb edir [41; 68; 103]. XUM – torpağın üzvi maddəsinin 0.05-2.00 mm diametrlili fraksiyasıdır [102; 165]. O, torpağın mineral hissəciklərinin səthində adsorbsiya vasitəsilə stabilləşən üzvi maddənin əsas hissindən fərqli olan sərbəst üzvi maddə olub, əkinçilikdə becərmə amillərinin təsirinə tez reaksiya verir [102; 115] (şəkil 6).

## TORPAQ AQRƏQATLARININ MEXANİKİ DAVAMLILIĞI VƏ SUYADAVAMLILIĞI

Torpaq aqreqatları – edafik mühitdə qonşu hissəciklərə nisbətən bir-biri ilə daha güclü qarşılıqlı əlaqədə olan iki və daha çox elementar (ilkin) torpaq hissəcikləri qruplarıdır.

Torpağın struktur davamlılığı (stabilitliyi) dedikdə aqreqatların dağdığı qüvvənin (torpaq becərməsi, su və külək eroziyası) təsirinə müqaviməti başa düşürlər. Aqreqatların suyadavamlılığı (WSA) torpağın yağış damcılarının təsirinə və su eroziyasına davamlılıq qabiliyyətini göstərir. Aqreqatların mexaniki təsirə davamlılığı isə torpağın deformasiyalara və külək eroziyasına müqavimət göstərmə qabiliyyətinin xarakterizə edir. Mexaniki təsirə davamlı və suyadavamlı aqreqatların ölçülərinə görə paylanması (SDA) torpağın potensial deqreasiyaya qüvvələrinin təsirinə davamlılığının modeləşdirilməsində və proqnozlaşdırılmasında istifadə oluna bilər [33; 44; 80]. Həbelə, torpağın aqreqat stabililiyi torpaq deqradasiyasının qarşısının alınması və müntəzimin bərpası üçün mühüm göstərici ola bilər. Bununla yanaşı, aqreqat stabililiyi torpağın üzvi maddəsinin, bioloji aktivliyinin və qida maddələrinin dövrünə başlıca təsərrüscü olub, torpaq sağlamlığı üçün mühüm əhəmiyyət kəsb edir. Adətən kiçik aqreqatlar (<0.25 mm) xronoloji baxımdan daha tez əmələ gəlir və stabil üzvi maddə formaları ilə əlaqəli olur. Təzə üzvi maddənin mikrobioloji parçalanmasından yaranan az stabil aralıq məhsulları kiçik aqreqatları birləşdirərkən daha böyük aqreqatların (>2-5 mm) yaranmasına səbəb olur.



Şəkil 6. Torpağın yaxşılaşdırılma üsullarının xüsusi üzvi maddənin (XUM) miqdarına təsiri

Böyük aqreqatlar torpaqda üzvi maddənin miqdarını nəzərdə saxlamağa daha həssasdır və onun keyfiyyət dəyişməsinə daha yaxşı əks etdirir. Stabil aqreqatların miqdarının çox olması torpaq keyfiyyətinin yüksək olmasına dəlalət edir. Başqa sözlə, torpaqda mikroaqreqat (>0.25mm)/mikroaqreqat (<0.25mm) nisbətindən böyüməsi ilə adətən torpağın keyfiyyəti də yüksəlir. Habelə, stabil aqreqatlar aqreqatdaxili (kiçik məsələlər) və aqreqatlararası (böyük məsələlər) geniş məsələ fəzasını təmin edir. Məsələ fəzası torpağa suyun və havanın daxil olması, o cümlədən torpaqda su, hava, qida maddələri və orqanizmlərin hərəkəti üçün lazımdır. Böyük stabil aqreqatlarla əlaqəli böyük məsələlər yüksək infiltrasiya sürətini və bitkilərin inkişafı üçün müvafiq aerasiyanı şərtləndirir. Məsələ fəzası, habelə kökün daxil olması və böyüməsi üçün zəif yerlərdə müvafiq inkişaf şəraitini təmin edir. Zəif aqreqatlaşmış torpaqlarda qaysaqəmələgəlmə və məsələlərin dolması müşahidə olunur. Qaysaqəmələgəlmə infiltrasiyanın qarşısını alır və eroziyaya səbəb olur. Məsələlərin dolması isə torpağın susaxlama qabiliyyətini və hava mübadiləsinə azaldır, sıxlığını artırır və nəticədə köklərinin inkişafını zəiflədir.

Aqreqat stabililiyi infiltrasiya, kökün inkişafı, su və külək eroziyasına müqavimət üçün həlledici əhəmiyyətə malikdir. Qeyri-stabil aqreqatlar şiddətli yağışlar zamanı dağılır. Dağılım (dispers) torpaq hissəcikləri məsələlərə dolur və torpaq quruyan zaman möhkəm qaysaqəmələgəlmə gəlməsinə səbəb olur ki, bu da sath axını və su eroziyasının artmasına, infiltrasiya və bitkilər üçün əlverişli suyun azalmasına səbəb yaradır. Bununla yanaşı, bərk qaysaqə qatı toxumların içməcəmsini məhdudlaşdırır və ləngidir. Külək adətən torpaq səthindən əlaqəsiz hissəcikləri sorubur aparır. Bəzən əsən güclü küləklər burulanlar yaradır ki, bu da sovrulan torpaq hissəciklərini daha da sürətləndirir və kifayət qədər enerji əldə etmiş hissəcik səli bitki örtüyü olmayan düzənlik şəraitində zəif aqreqatlaşmış torpaq səthinə düşərək rəlyefin vəziyyətini pozur və torpaq səthindən əlavə hissəciklərin sovrularla küləklə aparılmasına səbəb olur.

Torpağın aqreqat stabililiyini zəiflədən aməliyyatlardan əşağıdakıları göstərmək olar:

- Bitki məhsulu üzvi maddələrin parçalanması, onların torpaqda toplanmasını məhdudlaşdırır və mövcud aqreqatların dağılmasına səbəb olan becərmə üsulları və torpağın bioloji-harmonik tarazlığını pozan aqrotexniki aməliyyatlar.
  - Torpağa fiziki-mexaniki təsir edən, bitki örtüyündən məhv olmasına şərai yaradan və bitkisiz torpağı yağış damcılarının mexaniki təsirinə və ya külək eroziyasına məruz qoyan intensiv otarmalar.
  - Üzvi maddənin mənbələrinin, sath kələ-kötlürlərinin yerdəyişməsinə səbəb olan bitki qalıqlarının yandırılması, yığılması və ya sahədən kənarlaşdırılması.
  - Əhəmiyyətli torpaq mikrobiotasi üçün zərərli pestisidlərdən istifadə.
- Torpağın aqreqat stabililiyi həmçinin üzvi maddənin miqdarının artırılması və ya xüsusi kimyəvi birləşmələrdən (məsələn, poliakrilamid – PAM (C<sub>3</sub>H<sub>5</sub>NO)<sub>n</sub>) istifadə olunması ilə də yaxşılaşdırıla bilər. Praktiki olaraq bu maddə səthi örtük əmələ gətirərək torpağı aqreqasiyanı pozan

eroziv qüvvələrdən fiziki olaraq qoruyur və üzvi maddənin yaranmasına şərait yaradır. Torpaqda üzvi maddənin miqdarını və uyğun olaraq onun bioloji aktivliyini artıran istənilən praktiki aməliyyat ham da aqreqatların stabililiyini yüksəldir. Bununla belə, üzvi maddənin nəzərəcarpacaq dərəcədə artması üçün bir neçə il və ya vegetasiya dövrü tələb oluna bilər. Bundan əlaqə olaraq torpağın pozulmasına və "çılpaq" sahəyə çevrilməsinə səbəb olan idarəçilik fəaliyyəti çox qısa müddətdə üzvi maddənin, bioloji aktivliyin və aqreqat stabililiyinin azalmasına gətirə bilər.

Yuxarıda şərh edilənlərlə əlaqədar olaraq, müxtəlif torpaq-ekoloji şəraitlərdə aparılan çoxsaylı tədqiqatlar torpaqda aqreqasiya (dezaqreqasiya), üzvi maddənin (üzvi karbonun), xüsusən onun labil hissəsinin toplanması (tətilməsi) proseslərinin, torpağın bioloji aktivliyinin, bitkinin kök sisteminin inkişafı və biokütlünün toplanmasının, əkinçilikdə tətbiq olunan becərmə üsullarının, üzvi və mineral gübrələrin effektivliyinin, bitkilərin bioloji məhsuldarlığının, ətraf mühitin keyfiyyətinin və s. bir-biri ilə funksional qarşılıq əlaqədə olduğunu göstərir [18; 21; 25; 26; 47; 87; 89; 90; 97; 98; 131; 149; 151; 152; 156; 160; 166; 185-187; 205]. Torpaq bioloqi, o cümlədən biokimyəvi aktivliyi baxımından daxili və xarici amillərin makro- və mikroqanunizmlərinin fəaliyyətində təsiri mühüm əhəmiyyət kəsb edir [88; 101; 110; 111; 126; 133; 180; 183].

Torpağın aqreqat stabililiyini yaxşılaşdırın tədbirlərə əşağıdakılar aiddir:

- Mühafizəedici əkin döviyyəsi.
- Örtülük əkinlər.
- Zərərvericilərlə mübarizə.
- Normaya uyğun otarma.
- Torpaq becərmələri və bitki qalıqlarının idarə olunması.
- Şoran və şorəkət torpaqların yaxşılaşdırılması.
- Torpaq səthinin hamarlanması.

## TORPAQ SUYU

Su – torpaq-fiziki sistemin dinamik komponentlərindən biridir. Suyun torpaq proseslərində və bitkilərin həyatında əvəzolunmaz struktur-funksional rolu dənilməzdir [5; 9; 36; 53; 63; 138; 141; 146; 189; 196]. Torpaqda su hər üç fazada (bərk, maye, qaz) hərəkət edir. Subasar və ya doymuş torpaqda o, maye fazada hərəkət etdiyi halda, qışın quru və ya doymamış torpaqda qaz fazasında hərəkət edir. Bərk fazada rütubətin hərəkəti adətən donmuş torpaqlarda reallaşır və fərz edildiyi kimi gil hissəciklərinin səthində baş verir [24; 74; 145].

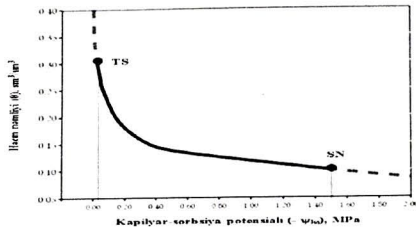
Maye və qaz fazalarında suyun hərəkəti maye axını qanunlarına tabe olur. Subasar və ya doymuş torpaqda su ağırlıq qüvvəsinin təsiri altında hərəkət edir və su təbəqəsinin qalınlığı artıqca məsələlərdəki axının sürəti də artır. Müxtəlif torpaq və nəmlənmə şəraitində su axını kəmiyyətcə Torriçelli, Bernulli, Puazeyl, Darsi və s. tənlikləri ilə müəyyən edilir.

## TORPAĞIN SUSAXLAMA QABİLİYYƏTİ VƏ ƏLVERİŞLİ NƏMLİK EHTİYATI

Su torpağa düşdükdə havanı sıxışdırır və torpaq profilinin yuxarı qatlarındakı məsələlər su ilə doymuş olur. Suyun arası kəsilmədən verilməsi doyma (islanma) dərəcəsinin artmasına səbəb olur. Suyun torpaq səthinə verilməsi kasidlikdə, bir neçə gün ərzində profil üzrə onun darin qatlarla sürətlü hərəkəti əhəmiyyətli dərəcədə azalır və torpağın bu vəziyyəti onun tarla tutumunu (TS) ilə xarakterizə olunur. Belə vəziyyətdə makroməsələlərdəki su əşağı qatlarla axır və onlar boşalır, boşalan makroməsələ fəzası hava ilə dolur, lakin mikroməsələlər bitkilərin istifadəsi üçün su ilə dolu qalır. Makro- və mikroməsələlər arasında ciddi sərbəhdin olmaması, bərk qaysaqəmələgəlmə profil üzrə suyun hərəkət sürətinin kəskin düşməsinə, hansı dərəcədə və nə qədər vaxtdan sonra suyun hərəkət sürətinin əhəmiyyətli dərəcədə azalmasına qeyd etməyə imkan verir. Odur ki, hər bir torpaq üçün nəmləndirilmədən sonra tarla tutumununun qarşılıq vaxtın və nişünənlərin

götürülmə dariniyinin müəyyən edilməsi üçün xüsusi tədqiqat aparılmalıdır (qumlu və sukeçiriciliyi zəif olan gilli torpaqlar xüsusi diqqət tələb edir).

Torpağın tarla suttonumu (TS) bitkilər üçün olverişli su ehtiyatının müəyyən edilməsində geniş istifadə olunur. Tarla suttonumunda torpağın nəmliyi,  $-0.033$  MPa təzyiqdə (torpaq nəmliyinin kapilyar-sorbsiya təzyiqi və ya potensialı) torpaqda saxlanan suyun miqdarına uyğundur. Soluxma nəmliyi (SN) isə  $-1.5$  MPa təzyiqdə torpaqda saxlanan suyun miqdarıdır. Deməli, torpaqda nəmlik potensialının müxtəlif qiymətlərində müxtəlif miqdarda su saxlanılır (şəkil 7). Bu əslihlə torpağın susaxlama qabiliyyəti adlanır. Susaxlama qabiliyyəti torpağın qranulometrik tərkibindən, üzvi maddəsin miqdarından, struktur-aqreqat tərkibindən, kipləşmə və şorlaşma dərəcəsindən və s. əhəmiyyətli dərəcədə asılı olub, çox geniş informasiya tutumuna malikdir [23; 77; 138; 140; 179; 199]. TS və SN əsas torpaq-hidroloji sabitlərdir. Bu sabitlərin fərqi kimi hesablanan  $\delta W = TS - SN$  kimiyəti aqronomik əhəmiyyətə malik olub torpağın əlverişli nəmlik ehtiyatını (AWC) göstərir. Müxtəlif torpaqlar əlverişli nəmlik ehtiyatına görə fərqlənirlər. Adətən qranulometrik tərkibin ağırlaşması ilə  $\delta W$ -də yüksəlir. Bu kimiyəyat an əz qumlu (qumsal) torpaqlarda, ən çox isə ağır gillicəli və gilli torpaqlarda müşahidə olunur. Gillicəli, qumlu gillicəli və ya tozlu gillicəli torpaqlar isə orta vəziyyətlə xarakterizə olunurlar.



Məlumdur ki, bitkinin inkişaf fazasından asılı olaraq suya tələbatı müxtəlif olur. Adətən bitki intensiv inkişaf fazasında su çatışmazlığına daha hassas olur. Bu baxımdan bitkinin mövstümü su sarffiyatının (SS) balans tənliyini aşağıdakı kimi yazmaq olar:

$$SS = P + I + GT_c - D_n - S_f \pm \Delta W$$

burada:

P – yağıntuların miqdarı (mm),

I – suvarma suyunun miqdarı (mm),

$GT_c$  – qurunt sularından daxilolma (mm),

$D_n$  – drenaj suyunun miqdarı (mm),

$S_f$  – səthi axın (mm),

$\pm \Delta W = (W_c - W_n)$  – torpaq profilində nəmlik ehtiyatının dəyişməsi (mm),  $W_c$  və  $W_n$ , uyğun olaraq səpin və biçin zamanı nəmlik ehtiyatıdır.

## TORPAĞIN SUSAXLAMA QABİLİYYƏTİNİN YAXŞILAŞDIRILMASI YOLLARI

Bir çox torpaqlarda üzvi karbonun miqdarının nisbətən aşağı (0.1-1.0%) olması baxmayaraq, onun torpağın fiziki sağlamlığına təsiri böyük əhəmiyyətə malikdir. Bununla belə, trofik, subtropik, xüsusən quraq və yarımquraq şəraitdə havanın temperaturu və nisbi rütubətinin yüksək olması torpaqda üzvi karbonun qorunmasını çətinləşdirir [31; 34]. Torpağın üzvi maddəsi ekosistemlərdə su və qida maddələrinin dövranına nəzərən mühüm təbii biofiziki göstəricisi olduğundan, onun azalması torpağın fiziki xassələrinə (infiltrasiya, susaxlama, aqreqat stabilliyi, məsaməlilik, sıxlıq, nəmlik və s.) və bitkilərin məhsuldarlığına əhəmiyyətli dərəcədə mənfi təsir göstərir. Beləliklə, torpağın fiziki sağlamlığını yaxşılaşdırmaq və onun müxtəlif təsirlərə davamlılığını artırmaq üçün, birincini növbədə torpaqda üzvi maddənin miqdarını nəzərdə saxlamaq lazımdır [68; 72; 79; 119; 188; 190]. Üzvi maddənin bitki qiymətləri və ya üzvi kompost forməsində təbii torpağın strukturunun (aqreqat stabilliyinin) və susaxlama qabiliyyətinin yaxşılaşdırılmasına, infiltrasiya sürətinin artırılmasına, sıxlığın azalmasına və müvafiq olaraq qaysaqəməlgölmənin azalmasına və sudan istifadənin səmərəliliyinin yüksəlməsinə səbəb ola bilər. Beləliklə, üzvi maddə qeyri-müəyyən və ekstremal iqlim şəraiti ilə xarakterizə olunan dəyər bölgələrində kənd təsərrüfatı bitkilərindən davamlı stabil məhsul alınmasında çox mühüm rol oynayır.

Müəyyən edilmişdir ki, yarımquraq bölgələrdə nə qeyri-üzvi, nə də üzvi yaxşılaşdırıcılar, öz-özlüyündə torpağın üzvi maddəsinin statusunu və məhsuldarlığı tam təmin edə bilmir [168]. Tədqiqatçılar qida maddələrinin birlikdə təbii (INM) aqrotexniki üsulun torpağın strukturuna, aqreqat stabilliyinə, sıxlığına və becərilən bitkilərin məhsuldarlığına müsbət təsirinə qeyd edirlər [107; 129; 178].

Qida maddələrinin birlikdə təbii – üzvi, qeyri-üzvi (minerall) və bioloji yaxşılaşdırıcı maddələrin torpaqda bitkilərin tələbatına uyğun üzvi maddə ehtiyatı yaratmaq, azotdan istifadənin səmərəliliyini yüksəltmək və qida maddələrinin itkisini azaltmaq məqsədilə təbii olunan inteqrir (kombinə olunmuş) aqrotexniki üsuldu [167]. Bu üsul aşağıdakı üç prinsipə əsaslanır [201]:

- ✓ Qida elementlərinə olan tələbatı optimallaşdırmaq üçün onun bütün mümkün mənbələrindən istifadə etmək.
- ✓ Qida elementlərinə olan tələbatın təmin olunmasında məkan və zaman dəyişkənliyini nəzərə almaq.
- ✓ Sinxron olaraq azot itkisinin azaldılması və məhsuldarlığın artırılmasını reallaşdırmaq.

## İNFLİTRASIYA VƏ HİDRAVLİK KEÇİRİCİLİK (SUKƏÇİRİCİLİYİ, SUSIZDIRMA)

Adi halda yağıntı vasitəsilə torpaq səthində düşən suyun bir hissəsi səthi axına, digər hissəsi isə torpağa hoparaq infiltrasiyaya sərf olunur (şəkil 8). İnfiltrasiya – məsaməyə boşluqların qışman hava ilə dolu olduğu şəraitdə suyun torpaqda hərəkətidir. İnfiltrasiya sürəti – torpaq səthinin dayaz göllənməsi şəraitində onun vahid səthindən vahid zamanda keçən suyun miqdarıdır ( $\text{sm}^2/\text{sm}^2\text{-süt}$  ~  $\text{sm}/\text{süt}$ ). Zaman keçdikcə infiltrasiya sürəti azalır və stabilləşir, yəni torpağın məsamə fazası bütövlüklə su ilə dolur. Tam doyma halı ilə xarakterizə olunan belə 2 fazalı (bərk və maye) sistemdə suyun hərəkəti dəyişməz sürətlə infiltrasiyaya keçir ki, bu da konkret torpaq üçün sabit olan filtrasiya əmsalı ( $K_f$ ) ilə xarakterizə olunur. Buna uyğun olaraq suyun filtrasiya hopma prosesi infiltrasiya əmsalı ( $K_{f0}$ ) ilə xarakterizə olunur.  $K_f$  ( $= \text{const}$ ) və  $K_{f0}$  ( $\neq \text{const}$ ) – uyğun olaraq filtrasiya və infiltrasiya sürətini xarakterizə edir və adətən  $K_f > K_{f0}$  olur. Beləliklə, ümumi infiltrasiya (susuzdurma) iki hissədən – doymamış torpaqda dəyişən sürətlə başlanğıc infiltrasiyadan və doymuş torpaqda sabit sürətlə son infiltrasiyadan (filtrasiyadan) ibarətdir. Zəmandan asılı olaraq infiltrasiya sürətinin azalması hidravlik təzyiqli gradientinin kiçikləməsi, aqreqatların dağılması, boşluq, çat və məsamələrin dolması (tuxanması) və kolloidların qışması səbəbindən baş verir. Buna misal olaraq

göllənmə şəraitində becərilən çaltık bitkisi altında torpağın infiltrasiya sürətinin azalmasını göstərmək olar.



Şəkil 8. Suyun səthi axını və torpaq profili üzrə infiltrasiyası

Torpaqda suyun hərəkəti və ya filtrasiyası Darsi qanununa tabe olur:

$$q_w = \frac{Q}{S \cdot t} = K_f \frac{\Delta h}{l}$$

burada:

$q_w$  – vahid zamanda ( $t$ , sut) torpaq nümunəsinin vahid en kəşiyindən ( $S$ ,  $sm^2$ ) keçən suyun miqdarı

( $Q$ ,  $sm^3$ ) - su seli ( $sm/sut$ ),

$K_f$  – filtrasiya əmsalı ( $sm/sut$ ),

$l$  – torpaq nümunəsinin uzunluğu ( $sm$ ),

$\Delta h = h_1 - h_2$  – nümunənin başlanğıcı və sonu arasındakı hidravlik təzyiqli fərq ( $sm$ ),

$\frac{\Delta h}{l}$  – hidravlik təzyiqli qradienti (hərəkətverici qüvvə).

Hidravlik təzyiqli qradienti altında suyun hərəkəti kapilyar-sorbsiya və qravitasiya qüvvələri hesabına baş verir.

Cədvəl 2-də infiltrasiya və filtrasiya əmsallarının qradasiyaları, cədvəl 3-də isə qranulometrik tərkibdən asılı olaraq filtrasiya əmsalının orta dəyişmə diapazonları göstərilmişdir.

#### Infiltrasiya və filtrasiya əmsallarının qradasiyaları

Qradasiya	Infiltrasiya əmsalı	Filtrasiya əmsalı
	sm/sut	
Oluqca yüksək	>600	>250
Çox yüksək	300-600	100-250
Yüksək	150-300	50-100
Orta	50-150	20-50
Zəif	10-50	5-20
Çox zəif	2-10	1-5
Oluqca zəif	<2	<1

\*  $K_f \leq 5$   $sm/sut$  olan torpaq və ya torpaq qatı praktiki olaraq sukeçirməyən hesab olunur.

Müxtəlif qranulometrik tərkibli torpaqlar üçün filtrasiya əmsalının orta dəyişmə diapazonları [63]

Torpaq	Filtrasiya əmsalı, sm/sut
Qumlu	300-800
Gillicəli	20-100
Gilli	1-50

Ümumi şəkildə birliqlü hal üçün Darsi qanunu aşağıdakı kimi yazılır:

$$q_w = -K_f \frac{\Delta h}{\Delta z}$$

burada  $\Delta z - \Delta h$  hidravlik təzyiqli dəyişmə məsafəsidir. Bu məsafə həm üfüqi, həm də şaquli ola bilər. Tənlidəki mənfis işarəsi hidravlik təzyiqli qradientinin su selinin əksinə yönəldiyini göstərir.

Qeyd etmək lazımdır ki, Darsi tənliyi torpağın məsələ fazası bütövlükdə su ilə olduqca tətbiq olunur. Əgər məsələ fazasının bir hissəsi su, digər hissəsi isə hava ilə dolarsa, onda filtrasiya əmsalından istifadə etmək olmaz. Bu halda sukeçirmə əmsalından ( $K_s$ ) və ya doymamış hidravlik keçiricilikdən istifadə olunur. Sukeçirmə əmsalının da ölçü vahidi  $sm/sut$ -dir.  $K_s$ -dən fərqli olaraq, o, verilmiş torpaq üçün sabit kəmiyyət olmayıb, torpağın həcminin ( $\theta$ ) və ya nəmlik potensialının ( $\psi_{ks}$ ) dəyişməsi ilə dəyişir, yəni  $K_s = f(\theta, \psi_{ks})$ . Adətən  $K_s$ ,  $\psi_{ks}$ -in azalması ilə bir neçə tərtib azalır ki, bu da quru torpağın nəm torpaqla müqayisədə sukeçirmə qabiliyyətinin az olmasını göstərir.  $\psi_{ks} = 0$  olduqda  $K_s = K_f$  olur.

Doymuş torpaqdan fərqli olaraq doymamış torpaqda suyun hərəkətinin kəsilmiş axını olmadıqdan klassik Darsi qanununu modifikasiya olunmuş forması və kəsilmiş tənliyi birlikdə torpaqda suyun hərəkətinə tətbiq edərək Riçards birliqlü hal üçün daha ümumi diferensial tənlik təklif etmişdir:

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left[ K_s(\psi_{ks}) \left( \frac{\partial \psi_{ks}}{\partial z} + 1 \right) \right]$$

#### TORPAĞIN AERASIYASI, HAVA MÜBADİLƏSİ VƏ HAVA KEÇİRİCİLİYİ

Torpağın qaz fazasının torpaq həyatında, bitkilərin böyüməsi və inkişafında, torpaq biotasının fəaliyyətində və s. müstəsna rolu vardır [46; 64; 69; 73; 85; 117; 145]. Atmosfer havasının torpağa daxil olması və hərəkəti torpağın aerasiyası ilə xarakterizə olunur. Başqa sözlə, aerasiya torpağın "həvalanması" prosesidir. Bu proses nəticəsində torpaqda oksigenin miqdarı artır. Aerasiya prosesi məsələ fazasının su olmayan hissəsində baş verir və aerasiya məsələliliyi ( $\epsilon_a$ ) ilə xarakterizə olunur ki, bu da ümumi məsələliliklə ( $\epsilon_t$ ) həcm nəmliyinin ( $\theta$ ) fərqiə bərabərdir:

$$\epsilon_a = \epsilon_t - \theta$$

Aerasiya məsələliliyi nəmliklə əlaqəli kəmiyyət olduğundan, torpaqların hava xassələrinə görə müqayisəsi müəyyən sabit nəmlikdə aparılmalıdır. Belə nəmlik olaraq torpağın tarla sətutunu ( $TS$ ) qəbul etmək olar. Bəzən bu xarakteristika torpağın "hava tutumu" da adlandırılır.

Məna etibarı ilə aerasiya anlayışı hava mübadiləsi anlayışına yaxındır. Bu anlayışların fərqi ondan ibarətdir ki, hava mübadiləsi prosesinə onu yaradan səbəblərin təsviri də daxil edilir (məsələn, atmosfer təzyiqinin və torpaq temperaturunun dəyişməsi və s.). Aerasiya və hava mübadiləsi dinamik proseslər olub, hava keçiriciliyi ( $K_a$ ) adlanan torpaq parametri ilə təyin edilir. Hava keçiriciliyi torpağın hava selini diffuziya və konveksiya yolu ilə keçirmə qabiliyyəti olub, Fik qanunu ilə müəyyən edilir [77; 124].

Bir çox torpaq prosesləri hava və digər qazların mübadiləsi şəraitində baş verir. Əksər mikroorqanizmlərin normal həyat fəaliyyəti üçün oksigen ( $O_2$ ) ehtiyacı vardır. Aerasiya – torpağın



fiziki sağlamlığının əsas amillərindən biridir. Bu onunla əlaqədardır ki, bir çox hallarda torpağın yüksək bioloji aktivliyi mikroorqanizmlərinin  $O_2$  ilə kosilmaz təminatı şəraitində baş verir. Bu nöqteyi-nəzərdən torpağın keyfiyyətinin bioloji komponentini qiymətləndirmək üçün tez-tez bioloji aktivlik göstəricisindən istifadə olunur. Struktur vəziyyəti və nomlanmış şəraiti yaxşı olan torpağın məsəmə fazasının həcmindən ~20%-ni  $O_2$  tutur ki, bu da atmosfer havasında olan  $O_2$ -nin qatılığına nisbətən yaxındır (~21%). Torpaqda anaerob şəraitdə  $O_2$ -nin qatılığı çox cüzi ola bilər. Ümumilikdə həmişə torpaq havasında karbon qazının ( $CO_2$ ) qatılığı atmosfer havasına (0.033%) nisbətən dəfələrlə çox olur. Belə ki, torpaqda uzunmüddətli anaerobiozis şəraitində  $CO_2$ -nin qatılığı atmosfer havası ilə müqayisədə 100 dəfədən də çox ola bilər (>3%).

Torpaq havasında  $O_2$  və  $CO_2$ -nin qatılığı atmosfer havasına nisbətən daha dəyişkəndir. Bu, bitki kökləri və torpaq orqanizmlərinin  $O_2$ -dən istifadə sürətinə və  $CO_2$ -nin ayrılmasına, habelə torpaqda atmosfer arasındakı qaz mübadiləsindən asılıdır. Torpaqda torpaq sərfi atmosferdə baş verən qaz mübadiləsi torpaqda  $CO_2/O_2$  nisbətindən balanslımsı kompensasiya etməyə çalışır. Oudur ki, ilin mövsümi vaxtları, torpağın nomlily, temperatur və mikrobiotanın aktivliyi torpaq havasının tərkibini təyin etmək üçün mühüm amillərdir.

### TORPAĞIN HAVA MÜBADİLƏSİ (TƏNƏFFÜSÜ) VƏ BİTKİ KÖKLƏRİNİN İNKİŞAFI

Torpağın hava mübadiləsi və ya tənəffüsü –  $O_2$ -nin udulması və  $CO_2$ -nin ayrılması (emissiyası) prosesidir. Bu proses mahiyyətcə bioloji proses olub, torpaq biotasının və kök sisteminin tənəffüsü ilə əlaqədardır və torpağın bioloji aktivliyinin mühüm inteqral göstəricisidir.  $CO_2$ -nin torpaqdan emissiyası tənəffüs prosesi ilə qismən təyin olunur. Adətən torpaq tərəfindən  $O_2$ -nin udulması və  $CO_2$ -nin ayrılması intensivliyi  $n(10^1 - 10^4)$  mq/m<sup>2</sup>saat tərtibində olur. Torpağın tənəffüs prosesi kəmiyyətcə respirasiya (tənəffüs) əmsəli ( $R_4$ ) ilə xarakterizə olunur.  $R_4$  müəyyən zaman kəsiyində  $CO_2/O_2$  həcmi nisbəti ilə təyin olunur. Yaxşı aerasiya şəraitinə malik olan torpaqlarda  $R_4 = 1$  olur. Bu əmsəlin vahiddən böyük olması anaerob şəraitin mövcudluğuna dəlalət edir.

Bitki köklərinin böyüməsi və mikrobiotanın həyat fəaliyyəti üçün oksigen tələb olunur. Bir çox bitkilər üçün torpaq atmosferində  $O_2$  ehtiyatının olması mühüm şərtidir. Belə ki, əksər bitkilərin kök sisteminin normal inkişafı üçün bitkilərin yerüstü hissəsindən köklərə daşınan  $O_2$  kifayət etmir. Torpaqda aerasiya şəraitini pis olan yerlərdə köklər vasitəsilə  $O_2$ -nin daşınması qız məsafələrdə baş verə bilər. Məsələdən asılı olaraq  $O_2$ -nin daşınma sürəti azaldıqda əsas kökcüklərin böyüməsi zəifləyir, kök sistemi torpaqda anaerob yerlərdən "qaçır". Dərindən artması ilə aerasiyanın azalması əksər hallarda kənd təsərrüfat bitkilərinin kök sisteminin yayılma dəriniyləni məhəddələndirir. Bitki örtüyü olan torpaqda  $O_2$ -nin udulması və  $CO_2$ -nin ayrılması, bitkisz torpağa nisbətən ~2 dəfə çox olur. Bununla yanaşı, gün ərzində tənəffüsü sərf olunan  $O_2$ -nin ümumi miqdarı, torpaqda olan  $O_2$  ehtiyatının əhəmiyyətli hissəsini təşkil edə bilər. Habelə, torpaq sərfi atmosferdən torpağa  $O_2$ -nin daxil olması dayanarsa, onda onun nəm torpaqda mövcud olan ehtiyatı bitki kökləri və mikroorqanizmlərin ehtiyacının 2-3 gün müddətində ödənilməsinə kifayət edə bilər.  $O_2$ -nin torpağa daxil olması üçün onun səthindən dərin qatılarına doğru hərəkət yolları olmalıdır ki, bu şərait torpağın vaxtında və düzgün becərilməsi zamanı təmin edilir. Belə şəraitin formalaşması bir tərəfdən torpaq strukturunun yaxşılaşdırılmasında mikrobiotanın aktiv fəaliyyətini təmin edir, digər tərəfdən denitrifikasiyanın mənfi təsirlərindən qorunmağa imkan verir.

### ANAEROB TORPAQ ŞƏRAİTİ VƏ BİTKİLƏRİN BÖYÜMƏSİ

Torpaqda oksigenin miqdarının azalması ilə mikroorqanizmlər və bitki köklərində bir sıra biokimyəvi dəyişikliklər baş verir. Oksigen stressi şəraitində bitki kökləri toksiki xüsusiyyətlərə malik etilən və asetaldehyd kimi maddələr ifraz edir (etilən bataqlıq şəraitində çalığın kök sisteminin inkişafını stimullaşdırır). Buna oxşar olaraq anaerob şəraitdə bozi torpaq orqanizmləri

torpağın üzvi maddəsinin parçalanay toksinlər ifraz edirlər. Müxtəlif kimyəvi və biokimyəvi oksidləşmə-reduksiya reaksiyaları sulfid və nitratlar kimi toksiki maddələrin əmələ gəlməsinə səbəb olur. Bundan başqa, denitrifikasiya prosesinin aralıq məhsulu olan nitratların əmələ gəlməsi bitkilər üçün əlverişli azotun güyüverməsinin hissəsini itirilməsinə səbəb olur. Bir sıra bitkilər müvafəqəti anaerob şəraitə müxtəlif cür tolerantlığı göstərir. Bitkilərin inkişafı prosesində baş verən qız məddətli anaerob şərait də məhsuldarlığa öz təsirini göstərir. Adətən sərən hava şəraitində bataqlaşmış torpaqların əkinlərə təsiri az olur ki, bu da temperatur aşağı düşdükdə torpağın və bitkinin kök sisteminin oksigenə olan tələbatının azalması ilə əlaqədardır.

### TORPAĞIN TEMPERATURU, İSTİLİK TUTUMU VƏ TEMPERATUR KEÇİRİCİLİYİ

Məlumdur ki, torpaqəmələgəlmə prosesinin istiqamətini və intensivliyini xarakterizə edən abiotik amillərdən biri də iqlim şəraitidir (havanın temperaturu, yağınların miqdarı və s.). Temperatur və nomlily təbii proseslərin, o cümlədən torpaq proseslərinin (torpaqda suyun, havanın və qida maddələrinin hərəkəti, üzvi maddələrin çevrilməsi, mikrobioloji və oksidləşmə-reduksiya prosesləri və s.) intensivliyinə güclü təsir göstərir. Demək olar ki, torpağın temperaturunun yüksəlməsi ilə bütün fiziki, kimyəvi və bioloji proseslərin intensivliyi artır.

Təbii landsaftın əsas enerji mənbəyi günəş şüalarıdır. Oudur ki, torpaq və bitki örtüyünə düşən günəş enerjisinin bir hissəsi itirilir (şüaların səpilməsi, qayıtması), digər hissəsi torpaq profili boyunca müəyyən qanunauyğunluqla paylanır. Temperaturun profil üzrə paylanması və hərəkət torpağın xassələrindən asılıdır [4; 12; 15; 64; 145]. Tədqiqatlar nəticəsində məlum olmuşdur ki, istilik xassələrinə görə torpaqlar bir-birindən kəskin fərqlənir. Bözi torpaqlar istiliyi yaxşı udur, profil üzrə yaxşı keçirir və istilik enerjisinin uzun müddət saxlayır, bəziləri isə istiliyi pis keçirir və udulan enerjiyi tez bir zamanda itirir. Bu baxımdan torpaqların istilik-fiziki xassələrinin öyrənilməsi mühüm praktiki əhəmiyyətə malikdir.

Torpağın temperaturu bitkilərin böyüməsi və inkişafında mühüm rol oynayır [64; 194]. Yer səthində düşən günəş şüaları torpaq səthinin temperaturunu səhər saatlarında gün batana qədər qızdırır, sonra isə temperatur növbəti səhərə qədər azalır. Torpaq səthində əmələ gələn temperatur qradienti hesabına istilik səli aşağı qatılara hərəkət edərkən orada temperaturun yüksəlməsinə səbəb olur. Temperaturun belə dəyişməsi toxumların cümləməsinə, onların böyüməsinə və bitkinin inkişafına təsir edir. Cədvəl 4-də müxtəlif bitkilər üçün torpağın temperaturunun minimum və optimum qiymətləri verilmişdir.

Müxtəlif bitkilər üçün torpağın temperaturunun minimum və optimum qiymətləri

Bitki	Temperatur	
	Minimum	Optimum
Buğda, yulaf	1-5	22-30
Arpa, çovdar	1-5	20-30
Qarğıdalı, darı	3-10	35-44
Günəbaxan	4-6	30-35
Pambıq, çalıtıq, yerdindəği	12-15	35-44
Rəps	5-7	15-22
Qara yonca	1-2	24-25
Qırmızı üçyarpaq yonca	2-3	25-26
Şirən yonca	1-2	18-25
Ağ üçyarpaq yonca	4-5	18-20
Çəman topalı	3-4	12-18
Çəman topuzu	4-5	18-20
Çəman pışıqquyruğu	4-5	18-22

Cədvəl 4

Torpağa daxil olan istilik seli istilik rejimini formalaşdırır və kəmiyyətcə istilik balans tənliyi ilə müəyyən edilir [77; 124]. Eyni şəraitdə torpaqların aktiv üst qatın temperatur rejimlərinin fərqlənməsi torpağın istilik xassələri ilə əslərlənir. Torpağa eyni miqdarda istilik daxil olduqda temperatur dəyişməsi torpağın istilik tutumu, istiliyin torpaqda xil hərəkət intensivliyi və istilikkeçirmə qabiliyyəti ilə müəyyən olunur [15; 145].

Məlumdur ki, cism qızdırıldıqda onun daxili enerjisinin və uyğun olaraq temperaturunun artması müəhsəldə olur. Temperaturun dəyişməsi ( $\Delta T$ ) ilə daxili enerjisinin dəyişməsi ( $\Delta Q$ ) arasındakı əslilıq cismnin istilik tutumu ( $C$ ) ilə xarakterizə olunur:

$$C = \frac{\Delta Q}{\Delta T}$$

Göründüyü kimi istilik tutumu cismnin temperaturunu  $1^{\circ}\text{C}$  artırmaq üçün sərf olunan istiliyin miqdarındır. Uyğun olaraq burada quru və ya yaş torpağın vahid kütləsinin ( $C_m$ ) və ya həcmnin ( $C_v$ ) xüsusi istilik tutumundan danışmaq olar. Çoxsaylı tədqiqatlarla torpağın komponentlərinin istilik tutumunun müxtəlif olduğu və torpaqda üzvi maddənin miqdarının artması ilə onun bərk fazasının xüsusi istilik tutumunun da artdığı müəyyən edilmişdir (qranulometrik tərkibdən, sıxlıqdan və s. əslilə olaraq). Bununla yanaşı, istilik tutumu additiv kəmiyyət olduğundan torpağın ümumi istilik tutumu onun fəzalarının istilik tutumlarının cəminə bərabərdir. Belə ki, üç fəzalı (bərk, maye, qaz) torpaq sistemində istilik bütün fəzalar üzrə bərabər paylanır və hər fəza öz istilik tutumuna uyğun dərəcədə qızır. Yəni, torpağın hər birs fəzası özünəməxsus həcmi istilik tutumuna malikdir. Qeyd etmək lazımdır ki, kipləşmiş və yaş torpağın istilik tutumu daha böyük olur. Bunun səbəbi torpaq sıxlığı və ya nəmliyinin artması ilə vahid həcmdə olan havanın miqdarının azalmasıdır.

Dərsi qanununa oxşar olaraq temperatur qradientinin təsiri altında istiliyin torpaq profili üzrə paylanması Fyurje qanunu ilə müəyyən edilir:

$$q_T = \frac{Q}{S \cdot t} = -\lambda_T \frac{\Delta T}{\Delta z}$$

burada:

$q_T$  – istilik seli ( $\text{kcal}/\text{sm}^2 \cdot \text{sut}$ ),

$\lambda_T$  – istilikkeçirmə əmsalı ( $\text{kcal}/\text{sm}^{\circ}\text{C} \cdot \text{sut}$ ),

$\Delta T/\Delta z$  – temperatur qradientiyinin ( $^{\circ}\text{C}/\text{sm}$ ).

Qeyd etmək lazımdır ki, Dərsi qanununa uyğun olaraq Fyurje qanunu da istiliyin stasionar seli üzün döğrudür. Göründüyü kimi vahid zamanda ( $t$ , sut) vahid səthdən ( $S$ ,  $\text{sm}^2$ ) keçən istilik miqdarı istilikkeçirmə əmsalı və temperaturun qradientiyi ilə düz mütənəsibdir. Deməli istilikkeçirmə əmsalı temperatur qradientinin əksi istiqamətində torpağın istilikkeçirmə qabiliyyətini xarakterizə edir. Yəni,  $\lambda_T$  ədədi qiymətə  $1 \text{ sm}$  torpaq qatının temperaturu  $1^{\circ}\text{C}$  dəyişdikdə ( $\Delta T/\Delta z = 1$ ) vahid zamanda  $1 \text{ sm}^2$  torpaq səthindən keçən istilik miqdarına bərabərdir.

Təbii sistemlərə xas olan qeyri-stasionarlıq torpağa da aiddir. Odur ki, Riçardş tənliyinə oxşar olaraq kəsilməzlik tənliyi nəzərə alınmaqla birləşdirilmiş hal üçün ümumi şəkildə torpağın istilikkeçirmə qabiliyyətini əks etdirən diferensial tənliyi aşağıdakı kimi yazmaq olar:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left( k_T \frac{\partial T}{\partial z} \right)$$

Burada  $k_T = \lambda_T / C_v$  – torpağın temperaturkeçirmə əmsalıdır ( $\text{sm}^2/\text{sut}$ ). Bu kəmiyyət istilik tutumundan əslilə olaraq torpağın qızma və ya soyuma sürətini xarakterizə edir.

## NƏTİCƏ

- Torpağın fiziki keyfiyyətinin (sağlamlığının) yaxşılaşdırılması bir tərəfdən bitkilərin məhsuldarlığının və aqroekosistemlərin əslilikliyinə etibarlı artımını təmin edir, digər tərəfdən isə xarici mühit amillərindən əslilıqlı əzəlir. Bununla yanaşı, torpağın sağlamlığının yaxşılaşdırılması karbonun səkvestrasiyası (birləşdirilməsi) və ekosistem xidmətləri ilə əlaqədar olduğundan, kənd təsərrüfatı məhsul istehsalatında iqlim dəyişikliyi fonunda ekstremal hava şəraitinə adaptasiya və onun yuhsaldılması istiqamətində fayda verə bilər.
- Torpaq becəmələrinin azaldılması, torpaq qoruyucu becəmə texnologiyası, torpaq yaxşılaşdırıcı əkin dövryyəsi və örtüklü əkinlərdən istifadə, üzvi və mineral qida maddələrinin və bioloji aktiv əlavələrin birlikdə tətbiqi, torpaq kipləşdirici aqrotexniki vasitələrdən istifadənin məhdudlaşdırılması, aqrotexniki tədbirlərin torpağın fiziki yetkənlik dövründə aparılması və s. torpağın sağlamlığının yaxşılaşdırması əhəmiyyətli dərəcədə təsir edə bilər.
- Torpağın fiziki sağlamlığı və bitki məhsuldarlığının yaxşılaşdırılması istiqamətində: 1. Üzvi maddə və əlverişli nəmlik ehtiyatının azlığı, şum və şumaltı qatın möhkəmliyi, aqreqat stabililiyinin zəifliyi baxımından qisməddətli tədbirlərdən – a) üzvi maddənin zənginləşməsi, stabilləşməsi və nəmlik ehtiyatının qorunmasına köməklik edən kompost, mulça, bitki qalıqları, bioloji əlavələr və yüksək biokütlə verən örtüklü əkinlərdən, b) möhkəm şum və şumaltı qatın dağıdılmasını reallaşdıraraq becəmə üsullarından (səthi və dərin yuhsaltma), səthi və güclü kök sistemində malik bitki örtüyü, canlı və ya aralıq bitki əkinlərdən, c) aqreqat stabililiyini yaxşılaşdıraraq təza üzvi materiallardan (labil və xüsusi üzvi maddənin artırılması baxımından), əkin dövryyəsinə səthi kök sistemində malik bitki örtüyü, peyin və yaşıl gübrələrdən istifadə; 2. Uzunmüddətli tədbirlərdən – a) torpaq becəmələrinin məhdudlaşdırılması və torpaq qoruyucu becəmə üsullarından birlilik və çoxillik ot bitkilili əkin dövryyəsinə və yüksək biokütlə verən örtüklü əkinlərdən istifadə, b) əkin dövryyəsinə səthi və dərin kök sistemində malik bitkiləri nəvbələşdirmək, torpağa yüksək mexaniki təsir göstərən və şumaltı qatın bərkiməsinə səbəb olan becəmə üsulları, o cümlədən yaş torpaqda aqrotexnikanın hərəkətinin məhdudlaşdırılması, c) səthi mulçalamadan istifadə etməklə torpaq becəmələrinin məhdudlaşdıraraq, torpaq yaxşılaşdırıcı əkin dövryyəsinə istifadə etmək kimi praktik tədbirlər fayda verə bilər.
- Yüksək səvərdə qabiliyyətinə malik yüngül qranulometrik tərkibli torpaqların kipləşdirilməsi və gil verilmiş texnologiyaların məqsədyönlü şəkildə idarə edilməsi torpaqda nəmlik və qida elementlərinin iktisadın azaldılması, əlverişli nəmlik ehtiyatının artırılması və bitkilərin məhsuldarlığının yüksəldilməsi üçün effektiv üsul ola bilər.
- Dəmyə bölgələrində yüngül gillicəli və qumsal torpaqlarda cərgəsiz becərilən əkinlərdə üzvi kompostdan və bitki qalıqlarından mulça kimi istifadə torpaqda nəmliyinin artması, temperatur və qaysaqmələmələmənin azalması hesabına cüdcütlərə və bitkilərin sonrakı inkişafına müsbət təsir edə bilər.
- Dərin yuhsaltma (35-40 sm) və yastı kəsicili ilə dərin cizəlmə amaliyyatlarından istifadə yüksək sıxlığı ( $>1.50 \text{ q}/\text{sm}^3$ ) malik torpaqaltı qatın yuhsaldılması baxımından effektiv üsul olur, suyun infiltrasiya sürətini və bitkilərin məhsuldarlığının artmasını təmin edə bilər. Dəmyə bölgələrində torpaq qoruyucu becəmə üsullarının strukturyaxşılaşdırıcı (strukturmələmətən) maddələrlə birlikdə tətbiqi perspektivli ola bilər.
- Torpaq strukturunun pozulması (dağılması) baxımından aqrotexnikanın aktiv hərəkətinə nə quru, nə də yaş torpaqda yol verilməyərək, becəmələrin sayı məhdudlaşdırılmaqla optimal nəmlik diapazonunda aparılması məqsəduyğundur.
- Torpaq sahəsinin bitki qalıqları ilə mulçalanması üzvi maddənin əmələ gəlməsinə şərait yaratmaqla yanaşı, torpaq mikrobiotasının və yağış soxulucələrinin faaliyyətini stimullaşdırır.

- dinləməsinə və torpağın aqronomik qiyməti aqreqatlarının yağış damcılarının və günəş şüalarının təsirdən qorunmasına səbəb olur.
- Torpaq becərmələrinin, xüsusən adi şum və ağır diski maladan istifadənin məhdudlaşdırılması torpaq strukturunun dağılmasının azalmasına və özü maddənin stabilizəməsinə xüsusiyyətinə səbəb olur.
  - Torpağa bitki qalıqları, kompost və peyinin verilməsi aralıq məhsulların parçalanmasını həyata keçirən və torpaq aqreqatlarının stabilizəməsinə şərait yaradan mikrobiotanın aktivliyini stimullaşdırır, torpağın kipləşməsinə (sıxlıq) azaldır və infiltrasiya sürətini yaxşılaşdırır.
  - Torpağın becərilmə üsulu seçilərkən torpaq-ıqlım şəraiti və bu şəraitə uyğun olaraq bitkinin məhsuldarlığını məhdudlaşdıran əsas amillərin müəyyən edilməsi vacibdir.
  - Torpaq-ekoloji mühtin bütün fiziki xassələri bu və ya digər dərəcədə onun struktur vəziyyətindən və aqreqatların suyudavamlığından aslıdır. Belə ki, o, kök sisteminin formalaşması və inkişafı, eləcə də bitkilərin qida maddələrini mənimsəməsinə əhəmiyyətli dərəcədə təsir göstərir. Odur ki, bitkinin normal böyüməsi, inkişafı və yüksək keyfiyyətli məhsul verməsi üçün torpağın nadir və fundamental xarakteristikası olan struktur-aqreqat tərkibinin əlverişli vəziyyətindən təmin edilməsi aqrofizika və aqrikişləmə başlıca məsələdir.
  - Bitkinin vegetasiya dövründə müxtəlif amillərin təsirdən (torpağın nəmənəməsi və quruması, becərilməsi, aqrotexnikanın torpağı kipləşdirməsi, bitkinin kök sisteminin inkişafı və p. n.) on çox torpağın aktiv şum qatı fiziki-mexaniki dəyişməli vəziyyətdə olur.
  - Bitkinin vegetasiya dövründə müxtəlif amillərin təsirdən (torpağın nəmənəməsi və quruması, becərilməsi, aqrotexnikanın torpağı kipləşdirməsi, bitkinin kök sisteminin inkişafı və p. n.) on çox torpağın aktiv şum qatı fiziki-mexaniki dəyişməli vəziyyətdə olur.
  - Hazırda torpağın ümumi keyfiyyətini (sağlamlığı) qiymətləndirmək üçün bütün dünyada qəbul edilmiş vahid kriteriyalar sisteminin olmaması, bu sahədə elmi və praktik nəticələrin ümumiləşdirilməsinə imkan vermir. Torpağın keyfiyyətini universal qiymətləndirmə sisteminin formalaşması ilə elmi prinsiplərə əsaslanan keyfiyyət kriteriyalarının dünyada lokal, regional və s. miqyaslarda yayılmış torpaqlara tətbiqi, torpaqların təsnifatının yeni əsaslarla təkmilləşdirilməsi, torpağın fiziki, kimyavi və bioloji keyfiyyətinə əsaslanan ümumi keyfiyyət modelinin yaradılması təmin ediləcəkdir.

## ƏDBİYYAT

1. Babayev M.P., Qurbanov E.A., Hasanov V.H. Azərbaycan torpaq dəqradasiyası və mühafizəsi. – Bakı: Elm, 2010. – 216 s.
2. Babayev M.P., İsayeva F.H., Cəfərova S.F. Suvarılan torpaqların münbitliyinin bərpası və qorunub saxlanması. – Bakı: Elm, 2010. – 220 s.
3. Babayev A.H., Babayev V.A. Ekoloji kənd təsərrüfatının əsasları. – Bakı: Qanun nəşriyyatı. 2011. – 544 s.
4. Garayzadə A., Göləliyev Ç. Torpaqların istilik-fiziki xassələri. – Bakı: "Adilöglü" nəşriyyatı, 2006. – 204 s.
5. Hacıyev C.Ə., Allahverdiyev E.R., İbrahimov A.Q. Suvarma əkinçiliyi. – Bakı: MBM nəşriyyatı, 2012. – 224 s.
6. Hacıyev C., Hüseynov M. Əkinçilik. – Bakı: "Araz" nəşriyyatı, 2009. – 354 s.
7. Hümmatov N.Q. Torpaqların əkoaqrofiziki vəziyyətini qiymətləndirilməsi: parametrlər və kriteriyalar. // ƏETI-nin elmi əsərləri məcmuəsi. Bakı: "Müəllim" nəşriyyatı. 2018. XXIX cild, s. 400-415.
8. Hümmatov N.Q. Danlı-paxlalı bitkilərin vegetasiya dövründə torpağın fiziki keyfiyyətini dəyişməsi. // ƏETI-nin elmi əsərləri məcmuəsi. Bakı: "Müəllim" nəşriyyatı. 2017. XXVIII cild, s. 344-352.

9. Hümmatov N.Q. Suvarmanın torpağın strukturuna təsiri. // ƏETI-nin elmi əsərləri məcmuəsi. Bakı: "Müəllim" nəşriyyatı. 2014. XXV cild, s. 363-384.
10. Hümmatov N.Q. Torpaqlarda strukturaməlaləmə mexanizmləri və modelləri. // ƏETI-nin elmi əsərləri məcmuəsi. Bakı: "Müəllim" nəşriyyatı. 2013. XXIV cild, s. 305-322.
11. Hümmatov N.Q. Torpaq makrostrukturunun qiymətləndirilməsi və aqreqatların paylanma xarakteristikası. // ƏETI-nin elmi əsərləri məcmuəsi. Bakı: "Müəllim" nəşriyyatı. 2012. XXIII cild, s. 237-245.
12. Məmmədov Q.Ş. Torpaqın əsaslıq və torpaq coğrafiyasının əsasları. – Bakı: Elm, 2007. – 663 s.
13. Məmmədov Q.Ş., Məmmədova S.Z., Şabanov C.Ə. Torpağın eroziyası və mühafizəsi. – Bakı: Elm, 2009. – 340 s.
14. Məmmədov Q.Ş., Məmmədova S.Z., Şabanov C.Ə. Torpaqların ekoloji monitorinqi. – Bakı: "Bakı universiteti" nəşriyyatı, 2017. – 280 s.
15. Архангельская Т.А. Температурный режим комплексного почвенного покрова. – М.: ГЕОС, 2012. – 282 с. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3305.7360>
16. Богатырев Л.Г., Маслов М.Н., Бенедиктова А.И., Макаров М.И. Оценка почв и земель (основные показатели и критерии) // Науч. ред.-М.: МАКС Пресс, 2017. – 192 с.
17. Борин А.А., Лошнина А.Э. Влияние различных систем обработки почвы на ее агрофизические свойства и урожайность культуры севооборота. // Агротехника. 2018, № 3, с. 1-7. <https://doi.org/10.25699/AGRPH.2018.03.01>
18. Бушуева О.Г., Горобец А.В., Добровольская Н.Г., Кирихина З.П. и др. Разрушение межагрегатных связей между частями почвы в процессе водной эрозии. // Бюлл. почв. н-та им. В.В.Докучаева. 2015. Вып. 78, с. 20-30.
19. Вальков В.Ф., Денисов В.В., Казеев К.Ш. и др. Плодородие почв и сельскохозяйственных растений: экологические аспекты. – Ростов н/Д: Изд-во ЮФУ, 2008. – 415 с.
20. Витер А.Ф., Турусов В.И., Гармашов В.М., Гаврилова С.А. Обработка почвы как фактор регулирования почвенного плодородия. – М.: НИЦ Инфра-М, 2014. – 173 с.
21. Воеводина Л.А. Структура почвы и факторы, изменяющие ее при орошении. // Науч. ж. РосНИИ проблем мелиорации. 2016, № 1(21), с. 134-154.
22. Войнова-Райкова Ж., Раикова В., Ампова Г. Микроорганизмы и плодородие. – М.: Агрпромпиздат, 1986. – 120 с.
23. Воронин А.Д. Основы физики почв. – М.: Изд-во МГУ, 1986. – 244 с.
24. Глобус А.М. Физика негетерического витропочвенного влагообмена. – Л.: Гидрометеоиздат, 1983. – 279 с.
25. Гром Е.Е., Кокорева А.А., Кулешский С.П. и др. Исследование изменения прочности агрегатов почв при различных сельскохозяйственных нагрузках. // Вестник ТГУ. 2013, № 368, с. 180-185.
26. Гуматов Н.Г., Паческий Я.А. Изменение структурно-агрегатного состава серой лесной почвы под озимой пшеницей. // Вестн. МГУ. Сер. 17, почвоведение. 1994. № 1, с. 20-25.
27. Гуматов Н.Г., Паческий Я.А. Современные представления о структуре почв и структурообразовании: механизмы и модели, динамика и факторы. 2-е изд. – Баку: Изд-во "Муаллим", 2016. – 100 с.
28. Добровольский Г.В., Никитин Е.Д. Экология почв. Учение об экологических функциях почв. 2-е изд. – М.: Изд-во МГУ, 2012. – 412 с.
29. Дорожко Г. В центре внимания – агрофизический фактор. // Аграрный консультант. 2012, № 2(5), с. 17-21.
30. Звягинцев Д.Г. Почва и микроорганизмы. – М.: Изд-во МГУ, 1987. – 256 с.
31. Карпачевский Л.О. Экологическое почвоведение. – М.: ГЕОС, 2005. – 336 с.
32. Качество почв сельскохозяйственных угодий Российской Федерации (для кадастровой оценки сельскохозяйственных земель). Версия 1.0 / Гл. ред. А.Л. Иванов. – М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева, 2020. – 681 с.
33. Керженцев А.С., Майснер Р., Демидов В.В. и др. Моделирование эрозийных процессов на территории великого водосборного бассейна. – М.: Наука, 2006. – 224 с.
34. Кирихина В.И. Экологические основы земледелия. – М.: Колос, 1996. – 367 с.

35. Кирушин В.И. Оценка качества земель и плодородия почв для формирования систем земледелия и агротехнологий. // Почвоведение. 2007, № 7, с. 873-880.
36. Киселева Т.С., Раева В.В. Запасы доступной влаги при возделывании нута в северной лесостепи Тюменской области. // Аграрный Вестник Урала. 2019, № 9(188), с. 2-7.
37. Ковда В.А. Биогеохимия почвенного покрова. – М.: Наука, 1985. – 264 с.
38. Ковда В.А. Почвенный покров, охрана окружающей среды и земледелие. – Пушино, 1987. – 31 с.
39. Ковда В.А. Патология почв и охрана биосферы планеты. // В сб.: Пространственно-временная организация и функционирование почв. – Пушино, 1990, с. 8-43.
40. Ковда В.А. Проблемы защиты почвенного покрова и биосферы планеты. – Пушино, 1989. – 155 с.
41. Когул Б.М., Семенов В.М. Оценка насыщенности почвы органическим углеродом. // Биол. почв. ин-та им. В.В.Докучаева. 2020. Вып. 102, с. 103-124. <https://doi.org/10.19047/0136-1694-2020-102-103-124>
42. Кроветто К. Прямой посев (No-Till). – Самара, 2010. – 206 с.
43. Крыляч С.И. Влияние агрофизических параметров пахотного слоя почвы на рост и развитие сельскохозяйственных культур. // Почвоведение и агрохимия. 2014, № 2(53), с. 52-58 с.
44. Кузнецов М.С., Глазунов Г.П. Эрозия и охрана почв. – М.: Изд-во МГУ, 2004. – 352 с.
45. Ландина М.М. Почвенный воздух. – Новосибирск: Наука, 1992. – 169 с.
46. Мамедов Р.Г. Агрофизические свойства почвы Азербайджанской ССР. – Баку: Элам, 1989. – 244 с.
47. Мамонтов В.Г., Байбеков Р.Ф., Лазарев В.И. и др. Изменение структурного состояния чернозема типичного Курской области под влиянием бессиенных пара и озимой пшеницы. // Земледелие. 2019, № 1, с. 7-10. <https://doi.org/10.24411/0044-3913-2019-10102>
48. Маток Н.С., Беленков А.И., Мазилов М.А. и др. Экологическое земледелие с основами почвоведения и агрохимии. – М.: Изд-во РГАУ-МСХА им. К.А.Тимирязева, 2011. – 189 с.
49. Медведев В.В. Агро- и экофизика почв. – Харьков: ООО «Полосатая типография», 2015. – 312 с.
50. Медведев В.В. Физические свойства и обработка почв в Украине. – Харьков: Изд-во «Городская типография», 2013. – 224 с.
51. Медведев В.В. Структура почвы (методы, генезис, классификация, эволюция, география, мониторинг, охрана) – Харьков: Изд-во «13 типография», 2008. – 406 с.
52. Медведев В.В., Бигун О.Н. Об оптимальной, доступной и недоступной плотности слоения распахиваемых почв. // Грунтознавство. 2013, 14(3-4): 6-17.
53. Медведев В.В., Лактионова Т.Н., Донова Л.В. Водные свойства почв Украины и влагообеспеченность сельскохозяйственных культур. – Харьков: Изд-во «Алостроф», 2011. – 224 с.
54. Медведев В.В., Лындина Т.Е., Лактионова Т.Н. Плотность слоения почв. Генетический, экологический и агрономический аспекты. – Харьков: Изд-во «Городская типография», 2004. – 244 с.
55. Мишустин Е.Н. Микроорганизмы и плодородие почвы. – М.: Изд-во АН СССР, 1956. – 248 с.
56. Мишустин Е.Н. Микроорганизмы и продуктивность земледелия. – М.: Урожай, 1972. – 342 с.
57. Муравьев А.Г., Каррыев Б.Б., Ляндзберг А.Р. Оценка экологического состояния почвы. Практическое руководство. 4-е изд. – СПб.: Кристалл, 2015. – 208 с.
58. Оглезнев А.К., Кутриян Т.А., Норкина Т.Е., Черненко А.Г. Оценка качества и классификация земель по их пригодности для использования в сельском хозяйстве: практическое пособие. – М.: Изд-во Русская экология, 2007. – 131 с.
59. Перфильев Н.В., Вьюшина О.А., Кошинец А.А., Гарибуллин И.И. Исследование взаимосвязи «оптимальной плотности» почвы с урожайностью зерновых культур. // Агрофизика. 2017, № 4, с. 16-24.

60. Плиско И.В. Проявление физической деградации пахотных почв Украины и пути ее преодоления (аналитический обзор). // Почвоведение и агрохимия. 2016, № 2(57), с. 141-153
61. Почвозащитное земледелие. Под общ. ред. А.И.Бараева. – М.: Колос, 1975. – 304 с.
62. Почвовно-экологический мониторинг и охрана почв. Под ред. Д.С.Орлова и В.Д.Васильевской. – М.: Изд-во МГУ, 1994. – 272 с.
63. Приходько В.Е. Орошаемые степные почвы: функционирование, экология, продуктивность. – М.: ИНТЕЛЛЕКТ, 1996. – 168 с.
64. Ревут И.Б. Физика почв. – Л.: Колос, 1972. – 368 с.
65. Русакова И.В. Теоретические основы и методы управления плодородием почв при использовании растительных остатков в земледелии. – Владимир: ФГБНУ ВНИИОУ, 2016. – 135 с.
66. Саложников П.М. Деградация физических свойств почв при антропогенных воздействиях. // Почвоведение. 1994, № 11, с. 60-66.
67. Саложников П.М., Носов С.И. Государственная кадастровая оценка земель сельскохозяйственного назначения Российской Федерации. – М.: ООО «НИПКЦ Восход-А», 2012. – 160 с.
68. Семенов В.М., Когул Б.М. Почвенное органическое вещество. – М.: ГЕОС, 2015. – 233 с.
69. Смагин А.В. Газовая фаза почв. – М.: Изд-во МГУ, 2005. – 301 с.
70. Смагин А.В. Физическое качество почв: подходы, модели, показатели, основные проблемы. // Экол. вест. Север. Кавказа. 2020, 16(3): 12-32.
71. Столбовой В.С., Гребенников А.М. Индикаторы качества почв пахотных угодий РФ. // Биол. почв. ин-та им. В.В. Докучаева, 2020, вып. 104, с. 31-67. <https://doi.org/10.19047/0136-1694-2020-104-31-67>
72. Тейт Р. Органическое вещество почвы: биологические и экологические аспекты. – М.: Мир, 1991. – 400 с.
73. Теория и методы физики почв. Коллективная монография / Под ред. Е.В. Шенна и Л.О. Карпачевского. – М.: «Гриф и К», 2007. – 616 с.
74. Фельдман Г.М. Передвижение влаги в талых и промерзающих грунтах. – Новосибирск: Наука, 1988. – 258 с.
75. Цырибко М.Б. Определение оптимальных параметров агрофизических свойств почв и оценка современного состояния на их основе. // Почвоведение и агрохимия. 2016, № 1(56), с. 36-44.
76. Черный С.Г., Выдынская О.В. Влияние технологии No-Till на структуру чернозема южного. // Почвоведение и агрохимия. 2013, № 1(50), с. 106-117.
77. Шенн Е.В. Курс физики почв. – М.: Изд-во МГУ, 2005. – 432 с.
78. Шенн Е.В., Гончаров В.М. Агрофизика. – Ростов н/Д: Феникс, 2006. – 400 с.
79. Шенн Е.В., Милановский Е.Ю. Органическое вещество и структура почвы: Учение В.Р.Вильямса и современность. // Известия ТСХА. 2014. Вып. 1, с. 42-51.
80. Шенн Е.В., Рыжова И.М. Математическое моделирование в почвоведении. – М.: «ИП Маркушевич А.Б.», 2016. – 377 с.
81. Abdollahi L., Munkholm L.J. Tillage system and cover crop effects on soil quality: I. Chemical, mechanical, and biological properties. // Soil Sci. Soc. Am. J. 2014, 78(1): 262-270. <https://doi.org/10.2136/sssaj2013.07.0301>
82. Abdollahi L., Munkholm L.J., Garbout A. Tillage system and cover crop effects on soil quality: II. Pore characteristics. // Soil Sci. Soc. Am. J. 2014, 78(1): 271-279. <https://doi.org/10.2136/sssaj2013.07.0302>
83. Ahuja L.R., Fiedler F., Dunn G.H. et al. Changes in soil water retention curves due to tillage and natural reconsolidation. // Soil Sci. Soc. Am. J. 1998, 62: 1228-1233. <https://doi.org/10.2136/sssaj1998.03615995006200050011x>
84. Alam M.K., Salahin N. Changes in soil physical properties and crop productivity as influenced by different tillage depths and cropping patterns. // Bangladesh J. Agril. Res. 2013, 38(2): 289-299. <https://doi.org/10.3329/bjar.v38i2.15891>

85. Alauoi A., Lipiec J., Gerke H.H. A review of the changes in the soil pore system due to soil deformation: a hydrodynamic perspective. // *Soil Till. Res.* 2011, 115:116-115. <https://doi.org/10.1016/j.still.2011.06.002>
86. Almarino J., Muller D., Defago G., Moenne-Loccoz Y. Rhizosphere ecology and phytoprotection in soils naturally suppressive to *Thielaviopsis* black root rot of tobacco. // *Envir. Microbiol.* 2014, 16(7): 1949-1960. <https://doi.org/10.1111/1462-2920.12459>
87. Angers D.A., Samson N., Légère A. Early changes in water-stable aggregation induced by rotation and tillage in a soil under barley production. // *Can. J. Soil Sci.* 1993, 73: 51-59. <http://www.nrcresearchpress.com>
88. Arias M.E., González-Pérez J.A., González-Vila F.J., Ball A.S. Soil health – A new challenge for microbiologists and chemists. // *Int. Microbiol.* 2005, 8: 13-21. <https://doi.org/10.2436/IM.V8I1.9493>
89. Bag K., Bandyopadhyay K.K., Sengal V.K. et al. Effect of tillage, residue and nitrogen management on soil water dynamics, grain yield and water productivity of wheat. // *J. Agric. Phys.* 2019, 19(1): 46-57. <https://doi.org/10.5958/0974-0228.2019.00005.7>
90. Ball B.C., Bingham I., Rees R.M. et al. The role of crop rotations in determining soil structure and crop growth conditions. // *Can. J. Soil Sci.* 2005, 85: 557-577. <https://doi.org/10.4141/S04-078>
91. Bandyopadhyay K.K., Hati K.M., Singh R. Management options for improving soil physical environment for sustainable agricultural production: a brief review. // *J. Agric. Phys.* 2009, 9: 1-8. <http://www.agrophysics.in>
92. Bandyopadhyay K.K., Misra A.K., Ghosh P.K., Hati K.M. Effect of integrated use of farmyard manure and chemical fertilizers on soil physical properties and productivity of soybean. // *Soil Till. Res.* 2010, 110(1): 115-125. <https://doi.org/10.1016/j.still.2010.07.007>
93. Basche A.D., DeLonge M.S. Comparing infiltration rates in soils managed with conventional and alternative farming methods: A meta-analysis. // *PLoS ONE.* 2019, 14(9): e0215702. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0215702>
94. Bergtold J., Sailus M. Conservation tillage systems in the southeast: production, profitability and stewardship. / SARE Handbook Series 15 – Maryland, SARE, NIFA, 2020. – 308 p. <https://www.sare.org/conservation-tillage-in-the-southeast>
95. Blanco-Canqui H., Lal R. Crop residue removal impacts on soil productivity and environmental quality. // *Crit. Rev. Plant Sci.* 2009, 28: 139-163. <https://doi.org/10.1080/07352680902776507>
96. Blanco-Canqui H., Lal R. Principles of soil conservation and management. – New York: Springer, 2010. – 617 p. <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8709-7>
97. Bolinder M.A., Angers D.A., Bélanger G. et al. Root biomass and shoot to root ratios of perennial forage crops in eastern Canada. // *Can. J. Plant Sci.* 2002, 82: 731-737. <https://doi.org/10.4141/P01-139>
98. Bolinder M.A., Angers D.A., Dubuc J.P. Estimating shoot to root ratios and annual carbon inputs in soils for cereal crops. // *Agric. Ecosyst. Environ.* 1997, 63: 61-66. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(96\)01121-8](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(96)01121-8)
99. Bonfante A., Basile A., Bouma J. Targeting the soil quality and soil health concepts when aiming for the United Nations Sustainable Development Goals and the EU Green Deal. // *Soil.* 2020, 6: 453-466. <https://doi.org/10.5194/soil-6-453-2020>
100. Büemann E.K., Bongiorno G., Bai Z. et al. Soil quality – A critical review. // *Soil Biol. Biochem.* 2018, 120: 105-125. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2018.01.030>
101. Büemann E.K., Schwenke G.D., Van Zwieten L. Impact of agricultural inputs on soil organisms. A review // *Aust. J. Soil Res.* 2006, 44(4): 379-406. <https://doi.org/10.1071/SR05126>
102. Cambardella C.A., Elliot E.T. Particulate soil organic matter changes across a grassland cultivation sequence. // *Soil Sci. Soc. Am. J.* 1992, 56: 777-783. <https://doi.org/10.2136/sssaj1992.03615995005600030017x>
103. Carter M.R., Angers D.A., Gregorich E.G., Bolinder M.A. Characterizing organic matter retention for surface soils in eastern Canada using density and particle size fractions. // *Can. J. Soil Sci.* 2003, 83: 11-23. <https://doi.org/10.4141/S01-087>
104. Cerçioğlu M. Changes in soil hydro-physical properties by cover crops relative to tillage management. // *Eurasian Soil Sci.* 2020, 53: 1446-1454. <https://doi.org/10.1134/S1064229320100051>
105. Corsi S., Muminjanov H. Conservation agriculture: training guide for extension agents and farmers in Eastern Europe and Central Asia. – Rome, FAO, 2019. – 122 p.
106. Czryż E.A. Effect of traffic on soil aeration, bulk density and growth of spring barley. // *Soil Till. Res.* 2004, 79(2): 153-166. <https://doi.org/10.1016/j.still.2004.07.004>
107. Das B., Chakraborty D., Singh V.K., Aggarwal P. et al. Effect of integrated nutrient management practice on soil aggregate properties, its stability and aggregate-associated carbon content in an intensive rice-wheat system. // *Soil Till. Res.* 2014, 136: 9-18. <https://doi.org/10.1016/j.still.2013.09.009>
108. DeLong-Hughes J., Moncrief J.F., Voorhees W.B., Swan J.B. (2001). Soil compaction: causes, effects and control. – St. Paul, MN: University of Minnesota Extension Service, 2001. – 16 p. <https://hdl.handle.net/1299/55483>
109. Dexter A.R. Soil physical quality. Part I. Theory, effects of soil texture, density, and organic matter, and effects on root growth. // *Geoderma.* 2004, 120(3-4): 201-214. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2003.09.004>
110. Diallo-Diagne N.H., Assigbete K., Sall S. et al. Response of soil microbial properties to long-term application of organic and inorganic amendments in a tropical soil (Saria, Burkina Faso). // *Open J. Soil Sci.* 2016, 6: 21-33. <https://doi.org/10.4236/ojss.2016.62003>
111. Dick R.P. Soil enzyme activities as indicators of soil quality. // In: Doran J.W., Coleman D.C., Bezdicek D.F., Stewart B.A. (eds.), *Soil enzymes*. SSSA, Madison, WI, 1994, p. 107-124.
112. Doran J.W., Parkin T.B. Defining and assessing soil quality. // In: J.W. Doran, D.C. Coleman, D.F. Bezdicek, B.A. Stewart (eds.). *Defining soil quality for a sustainable environment.* / SSSA, Madison, WI, 1994, p. 3-21.
113. El Titi A. Soil tillage in agroecosystems. – Boca Raton: CRC Press, 2002. – 384 p. <https://doi.org/10.1201/9781420040609>
114. Edwards J.H., Wood C.W., Thurlow D.L., Ruf M.E. Tillage and crop rotation effects on fertility status of a Hapludalf soil. // *Soil Sci. Soc. Am. J.* 1992, 56: 1577-1582. <https://doi.org/10.2136/sssaj1992.03615995005600050040x>
115. Fronning B.E., Thelen K.D., Min D.-H. Use of manure, compost, and cover crops to supplant crop residue carbon in corn stover removed cropping systems. // *Agron. J.* 2008, 100: 1703-1710. <https://doi.org/10.2134/agronj2008.0052>
116. Gholami A., Asgari H.R., Zeinali E. Effect of different tillage systems on soil physical properties and yield of wheat (case study: agricultural lands of Hakim Abad village, Chenaran township, Khorasan Razavi province). // *Int. J. Adv. Biol. Biom. Res.* 2014, 2(5): 1539-1552. <http://www.ijabbr.com>
117. Gliński J., Lipiec J. Soil physical conditions and plant roots. – Boca Raton: CRC Press, 1990. – 250 p.
118. Hallett P.D., Bengough A.G. Managing the soil physical environment for plants. // In: Gregory P.J. and Nortcliff S. (eds.), *Soil conditions and plant growth.* – Chichester: Blackwell Pub, 2013, p. 238-268.
119. Hartemink A.E., McSweeney K. Soil carbon. – Heidelberg: Springer, 2014. – 506 p. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-04084-4>
120. Haruna S.I., Anderson S.H., Nkongolo N.V., Zaibon S. Soil hydraulic properties: influence of tillage and cover crops. // *Pedosphere.* 2018, 28(3): 430-442. [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(17\)60387-4](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(17)60387-4)
121. Haruna S.I., Nkongolo N.V. Effects of tillage, rotation and cover crop on the physical properties of a silt-loam soil. // *Int. Agrophysics.* 2015, 29(2): 137-145. <https://doi.org/10.1515/intag-2015-0030>
122. Haynes R.J. Labile organic matter fractions as central components of the quality of agricultural soils: an overview. // *Adv. Agron.* 2005, 85: 221-268. [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(04\)85005-3](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(04)85005-3)

123. Healthy soils – New EU soil strategy. Available at <https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/12634-New-EU-Soil-Strategy-healthy-soil-for-a-healthy-life>
124. Hillet D. Environmental soil physics. – San Diego: Academic Press, 1998. – 771 p.
125. Hoorman J.J., De Moraes Sá J.C., Reeder R. The biology of soil compaction. // *Crops & Soils*. 2011. 44(4): 4-10.
126. Hussain S., Siddique T., Saleem M. et al. Impact of pesticides on soil microbial diversity, enzymes and biochemical reactions. // *Adv. Agron.* 2009, 102: 159-200. [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(09\)01005-0](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(09)01005-0)
127. Indoria A.K., Majumdar S.P., Majumdar V.L. Effect of compaction, nitrogen and phosphorus on the performance of cowpea in Typic Ustisapments. // *Forage Res.* 2005, 31: 112-114.
128. Indoria A.K., Sharma K.L., Reddy K.S., Rao Ch.S. Role of soil physical properties in soil health management and crop productivity in rainfed systems-I: Soil physical constraints and scope. // *Curr. Sci.* 2017, 112(12): 2405-2414. <https://www.jstor.org/stable/26163989>
129. Janssen, B.H. Integrated nutrient management: the use of organic and mineral fertilizers. // In: Van Reuler H., Prins W.H. (eds.). The role of plant nutrients for sustainable food crop production in Sub-Saharan Africa. Leidschendam: VKP, 1993, p. 89-105.
130. Jataw R., Roy D., Kumar V. et al. Conservation agriculture impact on soil hydro-physical properties in a maize-wheat rotation. // *J. Agric. Phys.* 2018, 18(2): 168-172. <http://www.agrophysics.in>
131. Jšečková D., Mitkova T., Ilievski M. Aggregate composition and water stability of structural aggregates of vertisols spread out in strip, probitap and ovce pole valleys. // *J. Central Europ. Agric.* 2012, 13(3): 483-492. <https://doi.org/10.5513/JCEA01/13.3.1075>
132. Kahlton M.S. Soil physical characteristics and crop productivity as affected by tillage in rice-wheat system. // *J. Agric. Sci.* 2014, 6(12): 107-114. <https://dx.doi.org/10.5539/jas.v6n12p107>
133. Kalia A., Gosal S.K. Effect of pesticide application on soil microorganisms. // *Arch. Agron. Soil Sci.* 2011, 57: 569-596. <https://doi.org/10.1080/03650341003787582>
134. Khan S., Shah A., Nawaz M., Khan M. Impact of different tillage practices on soil physical properties, nitrate leaching and yield attributes of maize (*Zea mays* L.). // *J. Soil Sci. Plant Nut.* 2017, 17(1): 240-252. <https://doi.org/10.4067/S0718-95162017005000019>
135. Khurshed S., Simmons C., Wani S.A. et al. Conservation tillage: impacts on soil physical conditions – an overview. // *Adv. Plants Agric. Res.* 2019, 9(2): 342-346. <https://doi.org/10.15406/apar.2019.09.00446>
136. Kibblewhite M.G., Ritz K., Swift M.J. Soil health in agricultural systems. // *Phil. Trans. R. Soc. B.* 2008, 363: 685-701. <https://doi.org/10.1098/rstb.2007.2178>
137. Kingra P.K., Kaur J., Kaur R. Management strategies for sustainable wheat (*Triticum Aestivum* L.) production under climate change in South Asia – A review. // *J. Agric. Phys.* 2019, 19(1): 21-34. <http://www.agrophysics.in>
138. Kirkham M.B. Principles of soil and plant water relations. 2nd ed. – San Diego: Academic Press, 2014, – 579 p. <https://doi.org/10.1016/C2013-0-12871-1>
139. Kumar A., Naresh R.K., Singh S. et al. Soil aggregation and organic carbon fractions and indices in conventional and conservation agriculture under vertisols soils of sub-tropical ecosystems: a review. // *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.* 2019, 8(10): 2236-2253. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2019.810.260>
140. Kutilek M., Nielsen D.R. Soil: the skin of the planet Earth. – Dordrecht: Springer, 2015. – 239 p. <https://doi.org/10.1007/978-94-017-9789-4>
141. Lacape M.J., Wery J., Annerose D.J.M. Relationships between plant and soil water status in five field-grown cotton (*Gossypium hirsutum* L.) cultivars. // *Field Crops Res.* 1998, 57: 29-43. [https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(97\)00111-1](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(97)00111-1)
142. Lahlou S., Mrabet R., Ouidia M. Soil physics: A Moroccan perspective. // *J. Afr. Earth Sci.* 2004, 39: 441-445. <https://doi.org/10.1061/j.f.a.earthsci.2004.07.021>
143. Lal R. Sustainable land use systems and soil resilience. // In: Greenland D.J., Szabolcs I. (eds.). Soil resilience and sustainable land use. Wallingford: CAB International, 1994, p. 41-67.
144. Lal R. Soil quality and sustainability. // In: R. Lal et al. (eds.). Methods for assessment of soil degradation. Boca Raton: CRC Press, 1998, p. 17-30.
145. Lal R., Shukla M.K. Principles of soil physics. – New York: Marcel Dekker. – 716 p. <https://doi.org/10.4324/9780203021231>
146. Lambers H., Oliveira R.S. Plant water relations. // In: Plant Physiological Ecology. Switzerland, Springer, 2019, p. 187-263. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-29639-1\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-030-29639-1_5)
147. Larson W.E., Pierce F.J. Conservation and enhancement of soil quality. // In: Evaluation for sustainable land management in the developing world. // IBRSAM Proc., v. 2, № 12. Tech. papers. Bangkok, Thailand, 1991, p. 175-203.
148. Lasisi D., Adesola A.A., Ogunsofa F.O. Effects of tillage methods on some soil physical properties under maize cultivation. // *Int. J. Eng. Res. Tech.* 2014, 3(2): 2745-2749. [www.ijert.org](http://www.ijert.org)
149. Latey J. Relationship between soil physical properties and crop production. // In: B.A. Stewart (ed.) Advances in Soil Science, v. 1. New York: Springer, 1985, p. 277-294. [https://doi.org/10.1007/978-1-4612-5046-3\\_8](https://doi.org/10.1007/978-1-4612-5046-3_8)
150. Lingan Kong. Maize residues, soil quality, and wheat growth in China. A review. // *Agron. Sustain. Dev.* 2014, 34: 405-416. <https://doi.org/10.1007/s13593-013-0182-5>
151. Magdoff, F., Van Es H. Building soils for better crops: sustainable soil management. 3rd ed. – Brentwood: SARE Outreach Pubs, 2009. – 294 p.
152. Malik S.S., Chauhan R.C., Laura J.S. et al. Influence of organic and synthetic fertilizer on soil physical properties. // *Int. J. Curr. Microbiol. Applied Sci.* 2014, 3(8): 802-810. <http://www.ijcmas.com>
153. Manik S.M.N., Perigley G., Dean G. et al. Soil and crop management practices to minimize the impact of waterlogging on crop productivity. // *Front. Plant Sci.* 2019, 10: 140. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00140>
154. Marahatta S., Sah S.K., MacDonald A. et al. Influence of conservation agriculture practices on physical and chemical properties of soil. // *Int. J. Adv. Res.* 2014, 2(12): 43-52. <http://www.journalijar.com>
155. Moebius-Clune B.N., Moebius-Clune D.J., Gugino B.K. et al. Comprehensive assessment of soil health. The Cornell Framework Manual. 3<sup>rd</sup> ed. Cornell University, Geneva, 2016.
156. Nichols K.A., Halvorson J.J. Roles of biology, chemistry, and physics in soil macroaggregate formation and stabilization. // *The Open Agric. J.* 2013, 7: 107-117. <https://doi.org/10.2174/1874331520131011003>
157. Norris C.E. Congreves K.A. Alternative management practices improve soil health indices in intensive vegetable cropping systems: a review. // *Front. Environ. Sci.* 2018, 6:50. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2018.00050>
158. Nortcliff S. Standardization of soil quality attributes. // *Agric. Ecosys. Environ.* 2002, 88(2): 161-168. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(01\)00253-5](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(01)00253-5)
159. Nunes M.R., Karlen D.L., Moorman Th.B. Tillage intensity effects on soil structure indicators – A US meta-analysis. // *Sustainability.* 2020, 12, 2071. <https://doi.org/10.3390/su12052071>
160. Oades J.M. The role of biology in the formation, stabilization and degradation of soil structure. // *Geoderma.* 1993, 56(1-4): 377-400. [https://doi.org/10.1016/0016-7061\(93\)90123-3](https://doi.org/10.1016/0016-7061(93)90123-3)
161. Odey S.O. Overview of engineering problems of soil compaction and their effects on growth and yields of crops. // *Euro. J. Adv. Eng. Tech.* 2018, 5(9): 701-709. <http://www.ejtaet.com>
162. Oswal M.C., Dakshinamurti C. Effect of different tillage practices on water use efficiency of pearl millet and mustard under dryland agriculture. // *Indian J. Agric. Sci.* 1975, 45: 264-266.
163. Pachepsky Y.A., Rawls W.J. Soil structure and pedotransfer functions. // *Eur. J. Soil Sci.* 2003, 54(3): 443-452. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2389.2003.00485.x>
164. Painuli D.K., Yadav R.P. Tillage requirements of Indian soils. // In: Singh G.B., Sharma B.R. (eds.). 50 Years of NRMRI Indian Council of Agricultural Research. New Delhi, 1988, p. 245-262.
165. Particulate organic matter – USDA Natural Resources Conservation Service. Available at <https://www.nrcs.usda.gov>
166. Pelech L., Zabarna T. Root system of meadow clover and its role in humus formation. // *Int. Indep. Sci. J.* 2020, № 13, p. 3-7. <http://www.iis-journal.com>

167. Phogat V.K., Tomar V.S., Dahiya R. Soil physical properties. // In: Rattan R.K., Katyal J.C., Dwivedi B.S. et al. (eds.). Soil science: an introduction. 1st ed. – New Delhi: ISSS, 2015. p. 135-171.
168. Prasad B., Prasad J., Prasad R. Nutrient management for sustained rice and wheat production in calcareous soil amended with green manures, organic manure and zinc (ENG). // Fertilizer News. 1995, 40(3): 39-41.
169. Prihar S.S., Gajri P.R., Manchanda M.L. Effect of dense soil layer at shallow depths on crop growth. // Indian J. Agron. 1973, 18: 344-348.
170. Ramzan S., Pervez A., Wani M.A. et al. Soil health: looking for the effect of tillage on soil physical health. // Int. J. Chem. Stud. 2019, 7(1): 1731-1736. <https://www.researchgate.net/publication/331035204>
171. Rauber L.P., Andrade A.P., Friederichs A. et al. Soil physical indicators of management systems in traditional agricultural areas under manure application. // Soil Sci. Agric. 2018, 75(4): 354-359. <https://dx.doi.org/10.1590/1678-992X-2016-0453>
172. Riley H., Pommeresche R., Elton R., et al. Soil structure, organic matter and earthworm activity in a comparison of cropping systems with contrasting tillage, rotations, fertilizer levels and manure use. // Agric., Ecosys. Environ. 2008, 124: 275-284. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2007.11.002>
173. Rusu T., Moraru P.I., Ranta O. et al. No-till and minimum tillage – their impact on soil compaction, water dynamics, soil temperature and production on wheat, maize and soybean crop. // Bull. UASVM Agric. 2011, 68(1): 318-323.
174. Schmidt M.W.I., Torn M.S., Abiven S. et al. Persistence of soil organic matter as an ecosystem property. // Nature. 2011, 478(7367): 49-56. <https://doi.org/10.1038/nature10386>
175. Shang J., Zhu Q., Zhang W. Advancing soil physics for securing food, water, soil and ecosystem services. // Vadose Zone J. 2018, 17: 180207. <https://doi.org/10.2136/vzj2018.11.0207>
176. Sharma P.K., De Datta S.K. Physical properties and processes of puddled rice soils. // In: Stewart B.A. (ed.) Adv. Soil Sci. 1986, 5: 139-178. [https://doi.org/10.1007/978-1-4613-8660-5\\_3](https://doi.org/10.1007/978-1-4613-8660-5_3)
177. Sharma P.K., De Datta S.K., Redulla C.A. Tillage effects on soil physical properties and wetland rice yield. // Agron. J. 1988, 80(1): 34-39. <https://doi.org/10.2134/agronj1988.0002196200800010008x>
178. Sharma Sh., Padbhushan R., Kumar U. Integrated nutrient management in rice-wheat cropping system: an evidence on sustainability in the Indian Subcontinent through meta-analysis. // Agronomy. 2019, 9, 71. <https://doi.org/10.3390/agronomy9020071>
179. Shukla M.K. Soil physics: an introduction. – Boca Raton; CRC Press, 2014. – 458 p. <https://doi.org/10.1201/b14926>
180. Sofu A., Scopa A., Dumontet S. et al. Toxic effects of four sulphonylureas herbicides on soil microbial biomass. // J. Envir. Sci. Health. B: Pestic. Food Contam. Agric. Wastes. 2012, 47(7): 653-659. <https://doi.org/10.1080/03601234.2012.669205>
181. Soil Health. USDA National Resources Conservation Service. Available as <http://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/main/soils/health/assessment/>
182. Soil quality for environmental health. Available at <https://www.soilquality.org>
183. Solaimalai A., Ramesh R.T., Baskar M. Pesticides and environment. // In: Kumar A. (ed.) Environmental contamination and bioreclamation. – New Delhi: APH Pub. 2004, p. 345-382.
184. Sommer R., Pigginn C., Feindel D. et al. Effects of zero tillage and residue retention on soil quality in the Mediterranean region of northern Syria. // Open J. Soil Sci. 2014, 4: 109-125. <http://dx.doi.org/10.4236/ojss.2014.43015>
185. Stainsby A., May W.E., Lafond G.P., Entz M.H. Soil aggregate stability increased with a self-regenerating legume cover crop in low-nitrogen, no-till agroecosystems of Saskatchewan, Canada. // Can. J. Soil Sci. 2020. <https://doi.org/10.1139/cjss-2019-0110>
186. Tadessu T., Dechassa N., Bayu W., Gebeheyu S. Effects of farmyard manure and inorganic fertilizer application on soil physico-chemical properties and nutrient balance in rain-fed lowland rice ecosystem. // Amer. J. Plant Sci. 2013, 4: 309-316. <https://doi.org/10.4236/ajps.2013.42041>
187. Thivierge M.-N., Angers D.A., Chantigny M.H. et al. Root traits and carbon input in field-grown sweet pearl millet, sweet sorghum, and grain corn. // Agron. J. 2016, 108(1): 459-471. <https://doi.org/10.2134/agronj2015.0291>
188. Thomas P., Chakraborty D., Purakayastha T.J., Kumar D. Soil structural stability in relation to soil organic carbon. // J. Agric. Phys. 2018, 18(2): 210-217. <http://www.agrophysics.in>
189. Time A., Garrido M., Acevedo E. Water relations and growth response to drought stress of Prosopis tamarugo Phil. A review. // J. Soil Sci. Plant Nutr. 2018, 18(2): 329-343. <https://scielo.conicyt.cl/pdf/jsspn/v18n2/0718-9516-jsspn-01103.pdf>
190. Tisdall J.M., Oades J.M. Organic matter and water-stable aggregates in soils. // Eur. J. Soil Sci. 1982, 33(2): 141-163. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.1982.tb01755x>
191. Turmel M.-S., Speratti A., Baudron F. et al. Crop residue management and soil health: a systems analysis. // Agricultural Systems. 2015, 134: 6-16. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agsy.2014.05.009>
192. Twum E.K.A., Nii-Annang S. Impact of soil compaction on bulk density and soil biomass of Quercus petraea L. at reclaimed post-lignite mining site in Lusatia, Germany. // Appl. Environ. Soil Sci. 2015. <http://dx.doi.org/10.1155/2015/504603>
193. Van Rensburg L.D. Advances in soil physics: application in irrigation and dryland crop production. // S. Afr. J. Plant & Soil. 2010, 27(1): 9-18. <https://doi.org/10.1080/02571862.2010.10639966>
194. Vashisth A., Krishnan P., Mukherjee J. et al. Effect of soil temperature on biophysical parameters of wheat crop under different weather conditions in semi arid region. // J. Agric. Phys. 2018, 18(1): 39-47. <http://www.agrophysics.in>
195. Vaughan D., Malcolm R.E. Soil organic matter and biological activity. // Development in Plant and Soil Science Series, 16. – Netherlands, Springer, 1985. – 469 p. <https://doi.org/10.1007/978-94-009-5105-1>
196. Veihmeyer F.J., Hendrickson A.H. Soil moisture in relation to plant growth. // Annual Rev. Plant Physiol. 1950, 1(1): 285-304. <https://doi.org/10.1146/annurev.pp.01.060150.001441>
197. Verhulst N., Govaerts B., Verachert E., Castellanos-Navarrete A. et al. Conservation agriculture improving soil quality for sustainable production systems? // In: Lal R., Stewart B.A. (eds.). Advances in Soil Science: Food Security and Soil Quality. Boca Raton: CRC Press, 2010, p. 137-208.
198. Warkentin B.P. The changing concept of soil quality. // J. Soil Water Conserv. 1995, 50(3): 226-228.
199. Weil R.R., Brady N.C. The nature and properties of soils. 15th ed. – Boston: Pearson, 2017. – 1104 p.
200. Wildemeersch J.C.J., Vermang J., Cornelis W.M. et al. Tillage erosion and controlling factors in traditional farming systems in Pinar del Rio, Cuba. // Catena. 2014, 121: 344-353. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2014.05.027>
201. Wu W., Ma B. Integrated nutrient management (INM) for sustaining crop productivity and reducing environmental impact: a review // Sci. Total Environ. 2015, 512-513: 415-427. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.12.101>
202. Yayah Bitew, Melkamu Alemayehu. Impact of crop production inputs on soil health: a review. // Asian J. Plant Sci. 2017, 16(3): 109-131. <https://doi.org/10.3923/ajps.2017.109.131>
203. Yong R.N., Nakano M., Pusch R. Environmental soil properties and behavior. – Boca Raton: CRC Press, 2012. – 435 p.
204. Zheng H., Liu W., Zheng J. et al. Effect of long-term tillage on soil aggregates and aggregate-associated carbon in black soil of Northeast China. // PLoS ONE. 2018, 13(6): e0199523. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0199523>
205. Zotarelli L., Alves B.J.R., Urquiaga S. et al. Impact of tillage and crop rotation on light fraction and intra-aggregate soil organic matter in two Oxisols. // Soil Till. Res. 2007, 95: 196-206. <https://doi.org/10.1016/j.still.2007.01.002>

## **TORPAQ SAĞLAMLIĞI VƏ BITKİ MƏHSULDARLIĞININ YAXŞILAŞDIRILMASINDA TORPAQ-EKOLOJİ MÜHİTİN FİZİKİ XASSƏLƏRİNİN TƏNZİMLƏNMƏSİNİN ROLU**

**N.Q.HÜMMƏTOV**

*Əkinçilik Elmi-Tədqiqat İnstitutu; ngummatov@mail.ru*

Məqalədə çoxsaylı ədəbiyyat materiallarına əsaslanaraq torpağın fiziki sağlamlığının və kənd təsərrüfatı bitkilərinin məhsuldarlığının yaxşılaşdırılması istiqamətində torpaq-ekoloji mühitin fiziki xassələrinin tənzimlənməsinin rolu şərh olunmuşdur. Bitkinin böyülməsi, inkişafı və məhsuldarlığını məhdudlaşdıran torpaq-ekoloji mühitin fiziki xassələri haqqında geniş məlumat verilmiş və torpaq keyfiyyətinin formalaşmasında onların ayrı-ayrılıqda və kompleks təsiri ətraflı müzakirə olunmuşdur. Göstərilmişdir ki, agroekoloji şəraitdən asılı olaraq əkinçilikdə müxtəlif becərmə üsulları (adi şum, dərin yumşaltma, sifir və tirəli becərmə və s.), əkin dövrüyyəsi, bitki mühafizə tədbirləri, üzvi və mineral gübrələrin tətbiqi, mulçalama, örtülü əkinlər, yaşıl gübrələrdən istifadə və s. səmərəli idarə edilməsi torpağın fiziki sağlamlığı və bitki məhsuldarlığının yaxşılaşdırılmasında aparıcı rol oynayır.

## **РОЛЬ РЕГУЛИРОВАНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВЕННО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ В УЛУЧШЕНИИ ЗДОРОВЬЯ ПОЧВ И ПРОДУКТИВНОСТИ РАСТЕНИЙ**

**Н.Г.ГУММАТОВ**

*Научно-Исследовательский Институт Земледелия; ngummatov@mail.ru*

В статье на основе многочисленных литературных материалов дано разъяснение роли регулирования физических свойств почвенно-экологической среды в улучшении физического здоровья почвы и урожайности сельскохозяйственных культур. Представлена обширная информация о физических свойствах почвенно-экологической среды, ограничивающих рост, развитие и продуктивность растений, а также подробно обсуждены их индивидуальное и комплексное влияние на формирование качества почвы. Отмечена, ведущая роль эффективного управления различными методами возделывания (обычная вспашка, глубокое рыхление, нулевая и гребневая обработка почвы и т.д.), севооборота, меры защиты растений, внесения органических и минеральных удобрений, мульчирования, покровных посевов, использования зеленых удобрений и др. в улучшении физического здоровья почвы и продуктивности растений в зависимости от агроэкологических условий.