

**Ханышева Маяханым Али кызы,
Азизов Ибрагим Вахаб оглы**

ДЕЙСТВИЕ ЗАСОЛЕНИЯ НА ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИЕ И УРОЖАЙНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ГЕНОТИПОВ ТВЕРДОЙ И МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ*

Аннотация. Исследована солеустойчивость твердых и мягких сортов пшеницы, районированных в Азербайджане, с целью выявления наиболее устойчивых форм по морфофизиологическим и фотосинтетическим показателям и урожайности. В результате исследований 20 различных сортов твердой и мягкой пшеницы выявлены солелерантные формы, которые могут быть выращены в засоленных почвах, а также они могут быть использованы как исходный материал получения более устойчивых форм пшеницы.

M. Khanysheva, I. Azizov

IMPACT OF SALINIZATION ON PHOTOSYNTHETIC AND PRODUCTIVITY PROPERTIES OF SOFT AND HARD VARIETIES OF WHEAT GENOTYPES

Abstract. Salt tolerance in twenty advanced wheat genotypes was studied under a naturally- salinized (EC = 1,5-2%) soil conditions during the ontogenesis. The results showed that the chlorophyll concentrations and photochemical activity of chloroplasts of all the genotypes were reduced by salinity. However, genotypes Qiymatli 2/17, Nurlu – 99, Qobustan, Azamatli , Sarstovskaya -29 and Qirmizi buqda showed salinity tolerance than others.

Засоление почв является одним из существенных факторов окружающей среды, лимитирующих рост, развитие и продуктивность растений. Соли оказывают двойное действие на растение. Во-первых, они создают высокое осмотическое давление в почвенном растворе, что приводит к прочному связыванию воды. При этом затрудняется поглощение воды корнями растений, что называется осмотическим стрессом. Во-вторых, поглощенные вместе водой ионы солей оказывают угнетающее действие на метаболические процессы растений, что называется ионным стрессом [1].

Нарушение роста и развития растений при солевом и ионном стрессе является следствием некоторых ответных физиологических реакций, включая изменения в ионном балансе, минеральном питании, передвижении воды, устьичной проводимости, скорости фотосинтеза и, в конечном счете, в фиксации и утилизации углекислого газа. Снижение скорости фотосинтеза при действии солей связано со снижением проводимости устьиц [2-4], так как при этом происходит внеустьичное поглощение углекислого газа, в результате чего содержание углекислоты в межклеточном пространстве снижается [3]. Следовательно, снижается скорость темновых реакций фотосинтеза и поглощенный свет оказывает повреждающее действие на реакционные центры хлоропластов [5]. При засолении также снижается содержание хлорофилла в хлоропластах, что приводит к снижению поглощения света хлоропластами [6]. Солелерантные растения имеют механизмы, которые позволяют им поддерживать нормальный ход фотосинтеза в присутствии высоких концентраций солей.

Целью настоящей работы являлось изучение солеустойчивости твердых и мягких сортов пшеницы, районированных в Азербайджане, выявление наиболее устой-

* © Ханышева Маяханым Али кызы, Азизов Ибрагим Вахаб оглы

чивых форм по морфо-физиологическим и фотосинтетическим показателям и урожайности для дальнейшего выращивания их слабо засоленных почвах фермерских хозяйств.

Материалы и методы

Объектом исследований служили 20 сортов твердой и мягкой пшеницы, районированных в Азербайджане. Растения выращивали в почвенных условиях в засоленных и нормальных почвах. В засоленных участках содержание солей не превышало 3%. По фазам развития растений брались пробы листьев для определения содержания зеленых пигментов. Содержание зеленых пигментов в листьях устанавливали после их экстрагирования 30% ацетоном и измерением экстинкции вытяжек на спектрофотометре СФ-26. Для расчета использовали коэффициенты Веттштейна [7]. Для выделения хлоропластов листья измельчали в среде, содержащей 0,4 М сахарозу, 0,2 М Tris-HCl (pH-7,8), 0,005 М аскорбат-Na и 0,001М ЭДТА. После процеживания через капроновую ткань гомогенат центрифугировали при 200 g для освобождения крупных частиц. Супернатант центрифугировали при 100 g в течение 10 мин. Надосадочную жидкость выбрасывали, осадок ресуспендировали в среде суспендирования.

Фотосинтетическую способность хлоропластов определяли по выделению кислорода полярографическим методом, применяя электрод Кларка [8]. Активность ФС II определяли по выделению кислорода в реакционной среде, содержащей 0,08 М сахарозу, 0,01 М NaCl, 0,01 М MgCl₂ и 0,005 М K₃[Fe(CN)₆]. Активность ФС I определяли в реакционной среде, в присутствии дихлорфенолиндофенола и метилвиолена.

Результаты и обсуждение

В результате проведенных опытов выяснилось, что засоление почвы оказывает на растение однонаправленное действие: снижается рост, укорачиваются фазы развития, снижается содержание зеленых пигментов и, в конечном счете, все это сказывается на урожайности растений. Среди испытанных сортов выявлены более чувствительные и толерантные формы. Как видно из табл. 1, генотипы отличаются по содержанию зеленых пигментов в условиях засоления. Сорта пшеницы Гырмызыгюль, Пиршахин, Вугар-80, Шираслан-23, Дагдаш оказались более чувствительными к солености по содержанию зеленых пигментов, в то время как генотипы Гийматли 2/17, Нурлу-99, Гобустан, Саратовская-29, Акинчи-84, Азаматли-95, Гырмызы бугда были относительно устойчивыми. Следует отметить, что у всех генотипов отмечено увеличение концентрации каротиноидов в условиях засоления, что еще раз подтверждает их защитную роль при стрессе. Из дендрограммы можно заметить, что в фазе колошение-цветение по содержанию зеленых пигментов генотипы составляют три сходные группы. Первую группу составляют наиболее солеустойчивые формы Гийматли 2/17, Гырмызы бугда Азаматли-95, Саратовская-29, Гобустан, а остальные более чувствительные сорта входят во вторую и третью группу. Засоление действовало также на активность первой и второй фотосистем, снижалась скорость транспорта электронов между фотосистемами [9]. В хлоропластах, выделенных из листьев генотипов первой группы, активность фотосистем снижались в меньшей степени, чем у генотипов второй и третьей группы.

Из дендрограммы каротиноидов видно, что по содержанию этих пигментов генотипы отличаются и относительно высокое их содержание отмечается у наиболее чувствительных сортов пшеницы.

При изучении действия засоления на урожайные показатели генотипов пше-

ницы также выявлены существенные различия между сортами (табл. 2). Засоление вызывало снижение урожайности у всех сортов, однако наименьшее снижение отмечалось у сортов Саратовская-29, Гырмызы бугда, Нурлу-99, Гобустан, Акинчи-84, Азаматли-95.

Результаты исследований содержания зеленых пигментов и каротиноидов, активности хлоропластов и урожайных показателей однозначно подтверждает толерантность генотипов Саратовская-29, Гырмызы бугда, Нурлу-99, Гобустан, Акинчи-84 и Азаматли-95 к условиям засоления.

Различия по толерантности к засолению между сортами и видами растений отмечены и другими авторами [10-11]. В этих работах растения по устойчивости к солевому стрессу разделены в три группы. Растения первой группы слегка толерантны к солености, растения второй группы отличаются умеренной, а растения третьей группы – высокой солеустойчивостью. В работе [11] показано, что солетолерантные растения также показывают высокую всхожесть (92%) при повышенной концентрации соли. Имеются многочисленные данные о подавлении интенсивности фотосинтеза и фотофосфорилирования под действием солей [12-13]. В исследованиях последних лет показано подавляющее действие хлористого натрия на вторую фотосистему, особенно на ее донорную часть, что подтверждается данными наших исследований.

Таблица 1

Влияние засоления почвы на содержание хлорофиллов и каротиноидов в листьях генотипов пшеницы.

| № | Генотипы | Контроль | Засоление | В % от контроля | Контроль | Засоление | В % от контроля |
|----|----------------|------------|------------|-----------------|-------------|-------------|-----------------|
| | | XI a+b | XI a+b | | Каротиноиды | Каротиноиды | |
| 1 | Акинчи-84 | 4,11±0,03 | 2,95±0,065 | 72 | 0,99±0,013 | 0,69±0,025 | 70 |
| 2 | Гарагылчыг-2 | 5,57±0,007 | 3,44±0,100 | 62 | 0,76±0,013 | 0,47±0,018 | 62 |
| 3 | Вугар-80 | 5,02±0,051 | 3,00±0,066 | 60 | 0,62±0,008 | 0,36±0,017 | 58 |
| 4 | Шираслан-23 | 6,50±0,088 | 4,37±0,118 | 67 | 0,88±0,020 | 0,52±0,024 | 59 |
| 5 | Баракатли-95 | 5,92±0,078 | 4,03±0,093 | 68 | 0,75±0,016 | 0,43±0,019 | 57 |
| 6 | Елиндже-84 | 5,21±0,046 | 3,70±0,089 | 71 | 0,73±0,014 | 0,42±0,020 | 58 |
| 7 | Гаргар | 5,24±0,047 | 3,38±0,071 | 65 | 0,81±0,018 | 0,46±0,021 | 57 |
| 8 | Гобустан | 3,79±0,036 | 2,98±0,063 | 79 | 0,59±0,013 | 0,45±0,019 | 77 |
| 9 | Нурлу-99 | 4,46±0,091 | 3,77±0,102 | 85 | 0,44±0,012 | 0,32±0,013 | 73 |
| 10 | Гийматли2/17 | 4,94±0,111 | 3,86±0,166 | 78 | 0,37±0,011 | 0,26±0,013 | 70 |
| 11 | Пиршагин | 5,55±0,121 | 3,19±0,153 | 57 | 1,03±0,023 | 0,60±0,029 | 58 |
| 12 | Гырмызы-гюль | 4,90±0,076 | 3,01±0,099 | 61 | 0,87±0,014 | 0,50±0,017 | 57 |
| 13 | Азаматли-95 | 5,93±0,194 | 4,57±0,242 | 77 | 0,67±0,024 | 0,51±0,028 | 76 |
| 14 | Рузи-84 | 5,76±0,105 | 3,73±0,168 | 65 | 1,08±0,019 | 0,60±0,028 | 55 |
| 15 | Талех-38 | 4,75±0,038 | 2,76±0,088 | 58 | 1,06±0,013 | 0,59±0,020 | 55 |
| 16 | Саратовская-29 | 5,76±0,074 | 4,43±0,102 | 77 | 0,58±0,005 | 0,42±0,013 | 72 |
| 17 | Дагдаш | 5,01±0,056 | 2,79±0,075 | 56 | 1,01±0,006 | 0,58±0,014 | 57 |
| 18 | Шарг | 5,39±0,88 | 3,35±0,104 | 62 | 0,95±0,009 | 0,52±0,018 | 55 |
| 19 | Гырмызы бугда | 5,07±0,127 | 3,96±0,170 | 78 | 0,76±0,012 | 0,54±0,024 | 71 |
| 20 | FEFWSN-4th №16 | 5,93±0,101 | 3,80±0,129 | 64 | 0,85±0,022 | 1,48±0,053 | 56 |

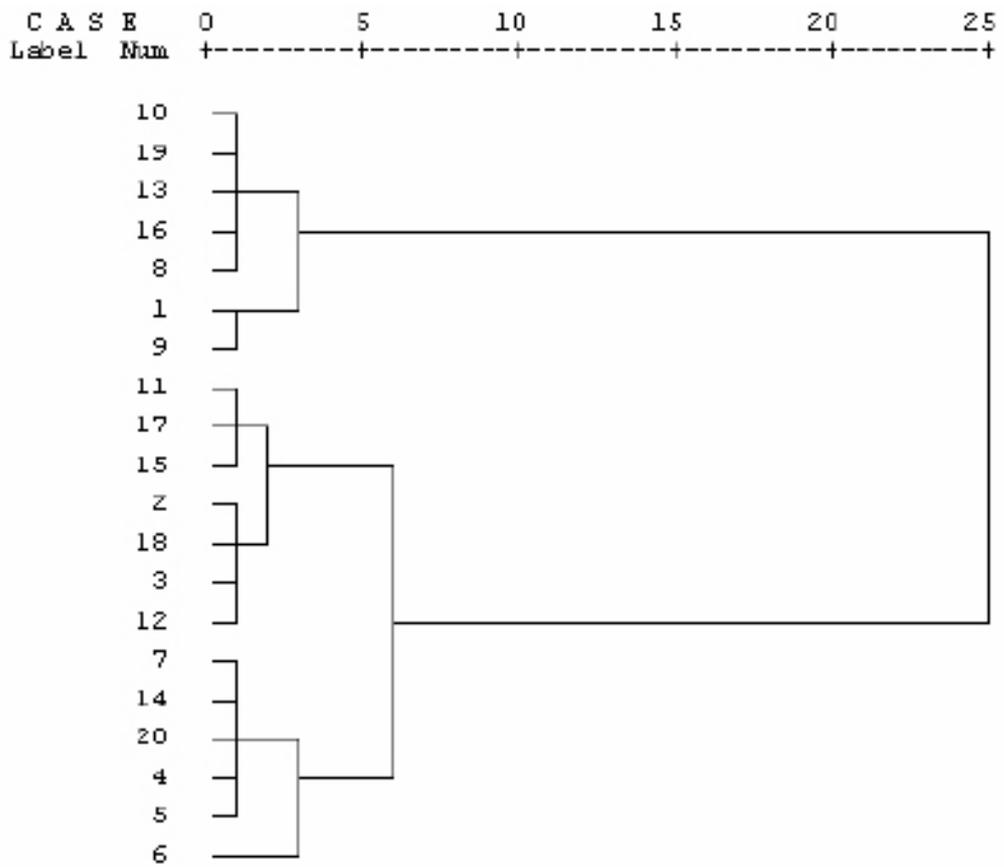


Рис.1. Дендрограмма по хлорофиллу

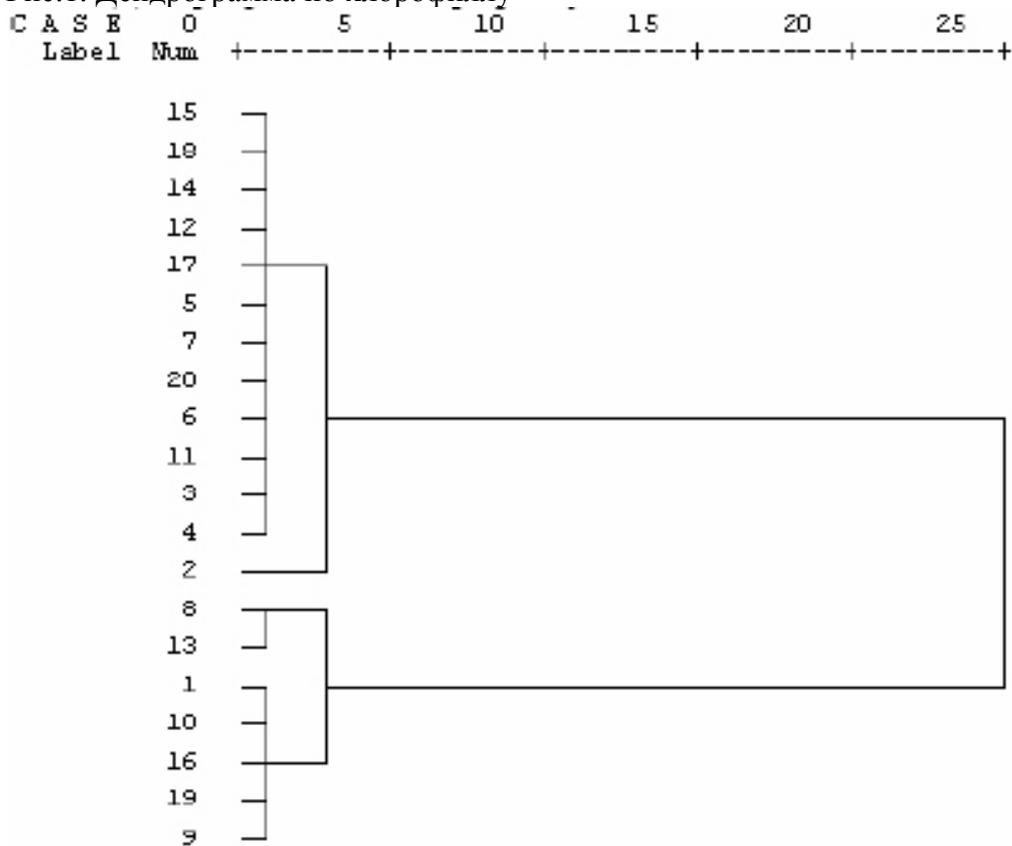


Рис.2. Дендрограмма по каротиноидам

Таблица 2

Урожайные показатели генотипов пшеницы, выращенных в нормальных почвенных условиях

| № | Генотипы | Варианты | Рост растений | Количество продуктивных куст | Длина колосьев | Кол-во колосков | Кол-во зерен в одном колосе | Кол-во зерен в 10 колосьях | Масса зерен в колосье | Масса 1000 зерен |
|----|--------------|----------|---------------|------------------------------|----------------|-----------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------|------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 1 | Акинчи-84 | I | 105±1,12 | 4±0,32 | 5,2±0,12 | 13,2±0,13 | 42±1,21 | 262±1,22 | 8,5±0,16 | 43,2±0,92 |
| | | II | 67,7±0,92 | 2,0±0,12 | 7,3±1,23 | 17,3±0,12 | 25,3±0,93 | 237±0,16 | 7,7±0,84 | 43,7±0,78 |
| 2 | Гарагылчыг-2 | I | 104±0,13 | 3±0,66 | 8,4±0,18 | 19,1±1,12 | 48±0,90 | 235±1,26 | 4,8±0,11 | 49,3±0,94 |
| | | II | 71,3±1,12 | 2,0±0,12 | 8,0±0,23 | 21,0±0,31 | 26,7±0,21 | 283±0,13 | 5,8±1,03 | 38,9±0,31 |
| 3 | Вугар-80 | I | 107±1,22 | 3±0,21 | 8,6±0,19 | 12,0±1,09 | 42±0,51 | 239±0,91 | 10,2±0,32 | 45,2±1,23 |
| | | II | 67,7±1,06 | 1,3±0,13 | 7,3±0,12 | 19,3±0,42 | 24,0±0,32 | 214±0,16 | 9,2±0,32 | 41,0±0,12 |
| 4 | Шираслан-23 | I | 104±0,21 | 4±0,54 | 4,5±0,11 | 13,2±0,32 | 45±0,24 | 168±0,78 | 7,4±0,16 | 43,2±1,09 |
| | | II | 67,0±1,03 | 2,0±0,16 | 8,0±0,16 | 16,3±0,22 | 26,7±0,18 | 158±0,45 | 7,0±0,19 | 41,8±0,16 |
| 5 | Баракатли-95 | I | 107±0,19 | 4±0,45 | 7,8±0,25 | 21,3±0,12 | 46±0,23 | 236±0,45 | 10,0±0,90 | 45,2±1,08 |
| | | II | 73,0±0,98 | 2,3±0,23 | 8,3±0,43 | 17,7±0,18 | 24,7±0,22 | 218±0,98 | 9,3±0,73 | 42,2±0,46 |
| 6 | Елндже-84 | I | 104±1,09 | 4±0,39 | 8,2±0,31 | 22,4±0,33 | 49±0,56 | 217±0,31 | 7,3±0,74 | 46,3±1,03 |
| | | II | 67,0±0,96 | 2,0±0,45 | 7,0±0,18 | 15,3±0,36 | 23,0±0,31 | 202±0,36 | 6,8±0,46 | 27,0±0,49 |
| 7 | Тартар | I | 104±1,21 | 4±0,71 | 6,3±0,19 | 31,2±0,41 | 54±1,21 | 264±0,12 | 15,2±0,23 | 48,2±0,12 |
| | | II | 86,0±0,12 | 2,0±0,31 | 7,3±0,45 | 16,7±0,26 | 23,7±0,21 | 256±0,46 | 14,8±0,43 | 40,7±0,23 |
| 8 | Гобустан | I | 102±0,94 | 5±0,22 | 6,4±0,24 | 12,4±0,58 | 52±0,85 | 348±0,16 | 12,7±0,15 | 45,1±0,11 |
| | | II | 79,3±0,29 | 1,7±0,16 | 8,0±1,54 | 17,7±0,33 | 31,7±0,32 | 323±0,46 | 11,8±0,46 | 40,1±0,98 |
| 9 | Нурлу-99 | I | 84±0,96 | 4±0,31 | 8,2±0,17 | 13,2±1,02 | 48±0,98 | 425±2,51 | 13,9±0,19 | 53,7±0,42 |
| | | II | 62,0±0,16 | 2,3±0,23 | 8,3±1,06 | 18,0±0,89 | 45,7±0,45 | 406±1,03 | 13,3±0,32 | 42,4±0,45 |
| 10 | Гийматли2/17 | I | 100±0,85 | 3±0,51 | 4,9±0,13 | 12,4±0,13 | 53±0,76 | 431±0,64 | 18,5±0,78 | 45,1±0,32 |
| | | II | 56,7±0,45 | 2,0±0,46 | 6,7±0,98 | 20,7±0,56 | 38,3±0,19 | 398±0,63 | 17,1±0,16 | 42,5±0,70 |
| 11 | Пиршагин | I | 105±0,93 | 2±0,63 | 4,6±0,11 | 15,2±0,16 | 46±0,43 | 321±0,21 | 14,0±1,06 | 45,2±0,16 |
| | | II | 61,0±0,62 | 1,3±0,82 | 9,0±0,92 | 21,0±0,32 | 35,7±0,49 | 310±0,54 | 13,5±0,84 | 29,4±0,14 |
| 12 | Гырмызы-гюль | I | 85±0,99 | 4±0,82 | 7,2±0,22 | 16,3±0,12 | 42±0,39 | 344±0,52 | 24,1±0,41 | 42,1±0,45 |
| | | II | 70,0±0,81 | 2,0±0,29 | 7,3±0,18 | 16,3±0,49 | 35,3±0,34 | 333±0,86 | 23,4±0,16 | 34,1±0,44 |
| 13 | Азаматли-95 | I | 102±0,12 | 5±0,30 | 5,1±0,18 | 18,1±0,36 | 48±0,73 | 340±0,23 | 12,4±0,22 | 42,4±0,84 |
| | | II | 69,3±0,13 | 1,3±0,78 | 8,0±0,42 | 21,0±0,73 | 32,7±1,09 | 285±0,23 | 10,4±0,43 | 38,5±0,23 |

Продолжение таблицы 2

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|----|----------------|----|-----------|----------|----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|
| 14 | Рузи-84 | I | 115±0,34 | 3±0,44 | 2,1±0,16 | 15,4±0,52 | 49±0,16 | 366±0,61 | 11,4±0,27 | 49,2±0,93 |
| | | II | 59,0±1,21 | 2,7±0,16 | 8,3±0,18 | 18,7±0,42 | 36,7±1,07 | 354±0,13 | 11,0±0,89 | 36,5±0,18 |
| 15 | Талех-38 | I | 104±0,43 | 3±0,54 | 3,1±0,23 | 16,2±0,43 | 39±0,82 | 339±0,92 | 9,5±0,16 | 48,1±0,17 |
| | | II | 70,3±1,31 | 2,0±0,19 | 9,7±0,16 | 20,0±0,61 | 36,3±0,26 | 330±0,81 | 9,2±0,23 | 40,0±0,43 |
| 16 | Саратовская-29 | I | 129±0,64 | 3±0,45 | 6,4±0,13 | 13,5±0,18 | 48±0,41 | 269±0,19 | 10,4±0,51 | 45,4±0,42 |
| | | II | 70,7±0,96 | 1,7±0,42 | 7,0±0,74 | 17,7±0,22 | 36,7±0,56 | 259±0,36 | 10,0±0,43 | 37,7±0,17 |
| 17 | Дагдаш | I | 101±1,03 | 3±0,29 | 5,2±0,18 | 14,6±0,14 | 36±0,23 | 337±0,13 | 9,8±0,92 | 39,2±0,96 |
| | | II | 61,3±0,13 | 2,0±0,31 | 8,0±0,52 | 16,7±0,43 | 29,0±0,46 | 329±0,93 | 9,6±1,06 | 37,2±0,78 |
| 18 | Шарг | I | 131±1,22 | 4±0,21 | 3,2±0,26 | 25,4±0,38 | 45±0,59 | 306±0,21 | 12,9±0,83 | 45,4±0,45 |
| | | II | 95,3±0,63 | 2,0±0,22 | 7,3±0,32 | 87,0±0,43 | 31,0±0,19 | 296±0,19 | 12,5±0,16 | 40,4±0,17 |
| 19 | Гырмызы бугда | I | 141±0,95 | 4±0,29 | 4,2±0,19 | 12,3±0,15 | 35±0,90 | 301±0,62 | 11,7±0,74 | 45,3±0,21 |
| | | II | 81,0±1,01 | 2,7±0,19 | 7,3±0,28 | 18,7±0,13 | 28,7±0,14 | 281±0,15 | 10,9±0,44 | 35,2±0,46 |
| 20 | FEFWSN-4th №16 | I | 114±0,98 | 3±0,42 | 4,6±0,13 | 18,2±0,19 | 43±0,12 | 258±0,52 | 7,6±0,89 | 46,3±0,33 |
| | | II | 74,0±0,49 | 2,0±0,17 | 7,0±0,31 | 19,7±0,13 | 36,7±0,28 | 243±0,51 | 7,2±0,12 | 33,8±0,98 |

Таким образом, в результате исследований 20 различных сортов твердой и мягкой пшеницы нами выявлены солетолерантные формы по физиологическим и урожайным показателям, которые могут быть выращены в засоленных почвах, а также они могут быть использованы как исходный материал для получения более устойчивых форм пшеницы.

ЛИТЕРАТУРА:

- Munns, R., Termaat A. Whole-plant responses to salinity // Australian Journal of plant physiology. V. 13. 1986. P. 143-160.
- Centritto M., Loreto F., Charlzoulukis K. The use of low (CO₂) to estimate diffusional and non-diffusional limitations of photosynthetic capacity of salt stressed olive saplings // Plant. Cell and Environment. V. 26. 2003. P. 395-402.
- Bongi G., Loreto F. Gas-exchange properties of salt-stressed olive (*Olea europea* L.) leaves // Plant

- physiology, v. 90. 1992. P. 148-1416.
4. Brugnoli E., Bjorkman. Growth of cotton under continuous salinity stress; Influence on allocation pattern, stomatal and non-stomatal components of photosynthesis and dissipation of excess light energy // *Planta*. V. 187. 1992. P. 335-347.
 5. Belkhozda R., Morales F, Abadia A., Gomez-Aparisi J., Abadia J. Chlorophyll fluorescence as a possible tool for salinity tolerance screening in barley (*Hordeum vulgare*) // *Plant Physiol.* v. 104. 1994. P. 667-673.
 6. Evans J.B. Development constrains on photosynthesis; effects of light and nutrition / *Photosynthesis and Environment*. 1996/ P. 281-304.
 7. Годнев Т.Н. Хлорофилл, его строение и образование в растении. Минск. 1963.
 8. Гришина Г.С. Биофизические методы в физиологии растений. М.: Наука. 1971. С. 38-43.
 9. Khanishova M.A., Rasulova S.M., Azizov.I.V. Effect of salinity on chlorophyll content and aactivity of photosystems of wheat genotypes grown under saline environment / *Материалы XVII международного симпозиума «Нетрадиционное растениеводство. Селекция. Охрана природы. Эниология. Экология и здоровье»*. Симферополь, 2008. С. 555-558.
 10. Ayers. A.D., Haugoverd H. E. A method for measuring the effect of soil salinity on seed germination with observations on several crop plants // *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* V. 13. 1948. P. 224-226.
 11. Hedref T., Bengu T. A physiological investigation on the mechanisms of salinity tolerance in some barley culture forms // *JFS*. V. 27. 2004. P. 1-16.
 12. Удовенко Г.В., Семухина Л. А., Сааков В. С., Галкин В. И., Кошкин В.А., Кинченко Т. А. Действие засоления на состояние активности фотосинтетического аппарата растений // *Физиол. раст.* Т. 21. 1974. С. 623-629.
 13. Лапина Л.Р., Бикмихаметова С.А. Действие хлорида натрия и сульфата натрия на функциональную активность фотосинтетического аппарата // *Физиол. раст.* Т. 20. 1973. С. 789-805.