

УДК 633.11:633.112
AGRIS F60

<https://doi.org/10.33619/2414-2948/104/13>

ИЗМЕНЕНИЕ НЕКОТОРЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ФОТОСИНТЕЗА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ДОНОРНО-АКЦЕПТОРНЫХ ОТНОШЕНИЯХ ПШЕНИЦЫ ПОД ВЛИЯНИЕМ ЗАСУХИ

- ©*Ахмедова Ф. А.*, Научно-исследовательский институт земледелия при Министерстве сельского хозяйства Азербайджанской Республики, г. Баку, Азербайджан
©*Абдулбагиева С. А.*, Научно-исследовательский институт земледелия при Министерстве сельского хозяйства Азербайджанской Республики, г. Баку, Азербайджан
©*Заманов А. А.*, Научно-исследовательский институт земледелия при Министерстве сельского хозяйства Азербайджанской Республики, г. Баку, Азербайджан
©*Мирзоева Г. В.*, Научно-исследовательский институт земледелия при Министерстве сельского хозяйства Азербайджанской Республики, г. Баку, Азербайджан
zahid.mustafayev67@mail.ru

CHANGES IN SOME PHOTOSYNTHESIS INDICATORS UNDER DIFFERENT DONOR-ACCEPTOR RELATIONS OF WHEAT UNDER THE INFLUENCE OF DROUGHT

- ©*Ahmadova F.*, Research Institute of Crop Husbandry of the Ministry of Agriculture of the Azerbaijan Republic, Baku, Azerbaijan
©*Abdulbagiyeva S.*, Research Institute of Crop Husbandry of the Ministry of Agriculture of the Azerbaijan Republic, Baku, Azerbaijan
©*Zamanov A.*, Research Institute of Crop Husbandry of the Ministry of Agriculture of the Azerbaijan Republic, Baku, Azerbaijan
©*Mirzoyeva G.*, Research Institute of Crop Husbandry of the Ministry of Agriculture of the Azerbaijan Republic, Baku, Azerbaijan, *zahid.mustafayev67@mail.ru*

Аннотация. Представлены результаты изучения некоторых показателей фотосинтеза — формирования листовой поверхности и площади других ассимилирующих органов, накопления сухой надземной биомассы, содержания хлорофилла в онтогенезе генотипов пшеницы при различных донорно-акцепторных отношениях. У изучаемых сортов динамика площади листовой поверхности и величины прироста сухой биомассы в течение онтогенеза зависят не только от фазы развития и генотипических особенностей растений, но и от состояния донорно-акцепторных отношений в системе целого растения, также и от влияния засухи. У всех исследованных сортов при искусственном изменении акцепторной силы колоса с удалением его половины, в обоих условиях наблюдалось увеличение площади и сухой биомассы стеблей и листьев. При снижении аттрагирующей способности колоса он значительно меньше нуждается в продуктах фотосинтеза листьев и остаток ассимилятов расходуется на увеличение площади, следовательно, сухой биомассы самих листьев. Одновременно, изменение донорно-акцепторных отношений влияет на содержание хлорофилла в листьях. Во всех случаях искусственное изменение донорного потенциала листьев с удалением 7-го яруса, приводит к увеличению содержания хлорофилла в листьях 8-го яруса и наоборот. При искусственном изменении акцепторной силы колоса с удалением его половины, значительно снижается содержание хлорофилла как у листьев 7-го, так и 8-го ярусов.

Abstract. The results of studies of changes in some parameters of photosynthesis - the formation of leaf surface and the area of other assimilating organs, the accumulation of dry above-

ground biomass, chlorophyll content in the ontogenesis of wheat genotypes at different donor-acceptor relationships are presented. In the studied varieties, the dynamics of leaf surface area and the amount of increase in dry biomass during ontogenesis depend not only on the developmental phase and genotypic characteristics of the plants, but also on the state of donor-acceptor relationships in the whole plant system, as well as on the influence of drought. In all studied varieties, when half the ear was removed under both conditions, an increase in the area and dry biomass of stems and leaves was observed. With a decrease in the attracting ability of the ear, it needs significantly less leaf photosynthesis products and the remainder of the assimilates is spent on increasing the area of the leaves themselves. At the same time, changes in donor-acceptor relationships affect the chlorophyll content in leaves. In all cases, the removal of leaves of the 7th tier leads to an increase in the chlorophyll content in the leaves of the 8th tier and vice versa. When half of the ear is removed, the chlorophyll content of both leaves of the 7th and 8th tiers decreases significantly.

Ключевые слова: пшеница, генотип, засуха, колос.

Keywords: wheat, genotype, drought, ear

Около 37-50% площадей на Земле где выращивается пшеница подвергается к воздействию засухи [9]. Абиотические стрессы, такие как засуха, жара и засоление, влияют на продуктивность пшеницы больше, чем биотические факторы [7]. Засуха, воздействия на всех стадиях развития, снижает качество и урожайность зерна пшеницы примерно на 30% [19]. Водный стресс, вызванный засухой, в зависимости от ее продолжительности и интенсивности оказывает различное влияние на различных фазах развития растения [10]. Засуха при воздействии на растение в фазе прорастания отрицательно влияя на силу и скорость прорастания, на колеоптил и длину корня, замедляя ростовые процессы в фазе кущения, повреждая органы цветка в фазе колошения-цветения и снижая количества зерен в колосе, а также вызывая абсолютное снижение массы зерен в фазе налива зерна снижает продуктивность [13].

Под воздействием засушливого стресса, являющегося одним из неблагоприятных факторов внешней среды, нарушается нормальное течение ряда физиолого-биохимических процессов в организме растений [20]. Засуха прежде всего замедляет ростовые процессы, что приводит к уменьшению листовой площади и общей биомассы. В условиях засухи у генотипов мягкой пшеницы уменьшаются ассимиляционная поверхность флагового листа, сухая биомасса, устьичная проницаемость и скорость транспирации [5]. Учитывая, что количество общей сухой биомассы важно для повышения продуктивности пшеницы, особенно в условиях стресса засухи, высокая интенсивность фотосинтеза обеспечивает хорошее образование биомассы в растении [16]. При негативном воздействии водного стресса на растения, уменьшается надземная сухая биомасса, а в качестве адаптивной реакции на водный стресс с уменьшением размеров листьев также уменьшаются площадь транспирации и скорость фотосинтеза. В ходе экспериментов в различных водных режимах (100%, 35%, 25% полевой водной емкости) выявлен, что площадь флагового листа генотипов пшеницы уменьшалась на 21-42% в условиях 35% полевой водной емкости, и на 44-64% в условиях 25% полевой водной емкости [14].

Максимальное значение площади листовой поверхности озимой пшеницы в посевах колеблется от 12 тыс. м²/га до 80-100 м²/га, а в условиях повышенного минерального питания и нормального водообеспечения она колеблется до 96 тыс. м²/га, а оптимальное значение

площади листовой поверхности считается 40-50 тыс. м²/га [1]. Общее количество хлорофилла в хлоропластах является одним из основных показателей фотосинтетической активности растений в условиях засухи. Фотосинтетическая способность, продуктивность, физиологическое и фенологическое состояние растения связаны с количеством хлорофилла в листьях [12; 17].

Различные экологические стрессы уменьшают количество фотосинтетических пигментов. С влиянием засухи широко наблюдается снижение количества $Xl(a+b)$ [11], в условиях стресса засухи оно наблюдается больше в количестве у хлорофилла «а» и сравнительно меньше у хлорофилла b [2]. Во время водного стресса засухоустойчивые генотипы пшеницы имеют более высокое содержание хлорофилла, чем чувствительные к засухе генотипы [8].

Скорость и направление транспорта продуктов фотосинтеза и их распределение между различными органами растений тесно связаны с донорно-акцепторными отношениями в системе целого растения [6].

Донор ассимилятов – фотосинтез и их акцептор – процессы роста и накопления запасных веществ образуют взаимосвязанную систему “source-sink” в растительном организме [3].

Изучение изменения донорно-акцепторных отношений в онтогенезе, является эффективным способом познания механизмов эндогенной регуляции фотосинтеза, процессов роста и развития. Поскольку, фотосинтез происходит в основном, в листьях, донорами могут быть листья и другие зеленые органы растения. Но в начале ювенильный лист является акцептором ассимилятов, когда достигает примерно 1/2 своего окончательного размера, продукция его фотосинтеза начинают превышать собственные потребности и лист превращается в донора ассимилятов. С образованием репродуктивных органов, в растении появляется мощная аттрагирующая зона, которая направляет основные потоки ассимилятов к себе [3; 18].

Донорно-акцепторные отношения растений наряду с внутренними факторами, также и тесно связаны с факторами внешней среды, в том числе засухи. С неблагоприятным влиянием засухи могут сильно нарушаться донорно-акцепторная система, приводящая к необратимым физиологическим процессам, которые являются основными причинами значительного снижения зерновой продуктивности [4].

Материалы и методы исследования

Полевые опыты проводились в 2019-2022 годах на опытном участке экспериментальной базы НИИ Земледелия, расположенном на Апшеронском полуострове. Объектами исследования были взяты генотипы пшеницы отличающиеся по морфофизиологическим признакам. Опыты проводились в двух вариантах, орошаемом и неорошаемом. Влажность почвы составляла от наименьшей влагоемкости в контрольном варианте в среднем 70,0-75,2%, а в опытном снижалась до 45,3%.

В обоих вариантах у изучаемых генотипов донорно-акцепторные отношения были искусственно изменены. Для этого у данного генотипа были взяты 10-20 образцов и удалены все листья 7 яруса, а оставлены листья 8 яруса и колос. В другом варианте были удалены листья 8 яруса и оставлены листья 7 яруса и колос. В последнем варианте была удалена половина колоса и оставлены все листья. С удалением листьев в одном, и с удалением половины колоса в другом вариантах, искусственно изменили донорно-акцепторные отношения в целой системе растения пшеницы. Во всех случаях данные в контрольных вариантах в поливе и в условии засухи относятся к целому растению.

Площадь листьев и других ассимилирующих органов измеряли в течение всей вегетации через каждые 10 дней на 10 характерных растениях с помощью автоматического измерителя площади LI-3100Area Meter (LI-COR Biosciences, Lincoln, Nebraska, USA)

После экстрагирования растительного материала 96% спиртом, содержание фотосинтетических пигментов (Xl a и Xl b мг/г сухой вес) определяли спектрофотометром Genesys 20 (Thermo Scientific, Madison, WI USA) и вычисляли по Личтенталеру [15].

Растительные пробы для анализа брали в утренние часы на 10 характерных растениях, высушивали до постоянного веса, после этого определяли абсолютный сухой вес. Учет суточных приростов биомассы проводили по формуле:

$$П = \frac{B_2 - B_1}{T}$$

где П — суточный прирост сухой надземной биомассы, B_1 и B_2 — вес сухой биомассы в начале и конце учетного периода, Т – количество дней в учетный период.

Изучение динамики изменения сухой биомассы проводили по всем органам в отдельности и онтогенезе.

Результаты и обсуждение

Динамика некоторых показателей фотосинтеза, в том числе формирования листовой поверхности, накопления сухой надземной биомассы, содержания хлорофилла, в онтогенезе зависит как от влияния засухи, так и от состояния донорно-акцепторных отношений в системе целого растения пшеницы. Изменение площади ассимилирующих органов у сорта Баракатли 95 в онтогенезе при различных донорно-акцепторных отношениях с влиянием засухи приведено в Таблице 1.

Таблица 1

ИЗМЕНЕНИЕ ПЛОЩАДИ АССИМИЛИРУЮЩИХ ОРГАНОВ
 У СОРТА БАРАКАТЛИ 95 В ОНТОГЕНЕЗЕ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ
 ДОНОРНО-АКЦЕПТОРНЫХ ОТНОШЕНИЯХ С ВЛИЯНИЕМ ЗАСУХИ ($10^3 \text{ м}^2/\text{га}$)

Фазы развития	Стебель					Листья					Колос					
	полив		засуха			полив		засуха			полив		засуха			
	Контроль	стебель при удалении половины колоса	Контроль	стебель при удалении половины колоса	Контроль	удален 8-й лист	удален 7-й лист	удалена половина колоса	Контроль	удален 8-й лист	удален 7-й лист	удалена половина колоса	Контроль	удалена половина колоса	Контроль	удалена половина колоса
Колошение -цветение	57	62	42	45	60	54	50	64	42	36	32	44	22	11	20	10
Налив зерна	65	70	52	62	51	46	42	53	39	30	25	42	24	13	25	12
Восковая спелость	63	68	51	60	33	31	28	34	6	28	22	18	27	17	19	9

Данные показывают, что в условиях полива и засухи в начале онтогенеза наблюдается резкое увеличение площади листьев, и достигая максимума в конце второй декады апреля, т. е. в конце фазы трубкования-в начале колошения-цветения доходит соответственно до 60 и 42 тыс. $\text{м}^2/\text{га}$, где разница между вариантами составляет 30%. С появлением колоса наблюдается уменьшение темпа нарастания листовой площади и в конце первой декады июня в условиях

полива и засухи у сорта Баракатли 95 оно снижается соответственно 33 и 16 тыс. м²/га, где разница составляет 51%. Нарастание площади стеблей продолжается в обоих условиях до формирования зерна, достигая максимума в условиях полива — 65 тыс. м²/га, засухи — 52 тыс. м²/га, где разница составляет 20%. Площадь поверхности колоса достигает максимальной величины после полного формирования колоса и составляет соответственно 27 и 19 тыс. м²/га, где разница 30%. У сорта Баракатли-95 под влиянием засухи в конце онтогенеза площадь листьев сокращается более быстрыми темпами, чем у стеблей и колоса. Роль колоса и стебля, особенно колосоножки, в процессе налива зерна становится более заметной.

Изменение донорно-акцепторных отношений заметно влияет на динамику показателей фотосинтеза как в условиях полива, так и при засухе. Площадь листьев у сорта Баракатли-95 в конце фазы трубкования и в начале колошения-цветения в контрольном варианте достигает 60 тыс. м²/га, а при удалении листьев 8-го яруса 54 тыс. м²/га, 7 яруса 50 тыс. м²/га, где разница составляет соответственно 10% и 17%. В условиях засухи эти данные составляют соответственно 42 тыс. м²/га, 36 и 32 тыс. м²/га, 14% и 24%.

У исследованных сортов Алинджа-84, Шир Аслан-23, Гырмызы бугда полученные данные хорошо согласуются с данными сорта Баракатли 95.

Следует отметить, что у всех исследованных сортов при удалении половины колоса наблюдалось увеличение площади стеблей и листьев в обоих условиях. При удалении половины колоса у сорта Баракатли 95 наблюдается увеличение суммарной площади листьев в поливе 6,7%, при засухе 4,7%, а у стеблей соответственно 8,7% и 7,1%. При удалении половины колоса снижается его аттрагирующая способность и часть ассимилятов при транспорте в колос задерживается в стебле, что может привести к увеличению диаметра стебля и соответственно к возрастанию площади. В случае с листьями при снижении аттрагирующей способности колоса он значительно меньше нуждается в продуктах фотосинтеза листьев и остаток ассимилятов расходуется на увеличение площади самих листьев.

В Таблице 2 и 3 представлено изменение накопления сухой надземной биомассы у сортов Алинджа-84 и Гырмызы бугда. Как видно, в начале вегетации не происходит существенных изменений в условиях полива и засухи в связи с почти отсутствием влияния засухи.

Таблица 2

НАКОПЛЕНИЕ НАДЗЕМНОЙ СУХОЙ БИОМАССЫ У СОРТА АЛИНДЖА 84 В ОНТОГЕНЕЗЕ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ДОНОРНО-АКЦЕПТОРНЫХ ОТНОШЕНИЯХ С ВЛИЯНИЕМ ЗАСУХИ (ц/га)

Фазы развития	Стебель				Листья				Колос							
	полив		засуха		полив		засуха		полив		засуха					
	контроль	стебель при удалении половины колоса	контроль	стебель при удалении половины колоса	контроль	удален 8-й лист	удален 7-й лист	удалена половина колоса	контроль	удален 8-й лист	удален 7-й лист	удалена половина колоса	контроль	удалена половина колоса		
Колошение -цветение	78	89	65	76	40	30	31	51	30	24	18	37	23	18	14	
Налив зерна	130	145	90	112	35	28	22	41	28	22	16	29	62	30	40	21
Восковая спелость	94	102	74	85	24	15	12	34	16	9	7	22	131	103	85	69

В начале мая наблюдается максимальное накопление сухой биомассы в листьях в обоих условиях, у которой у сорта Алинджа 84 составляет соответственно 40 и 30 ц/га, у сорта Гырмызы бугда 45 и 30 ц/га. В конце вегетации под влиянием засухи накопление сухой биомассы в листьях сильно снижается и составляет у сорта Алинджа 84 примерно 47%, Гырмызы бугда — 50%.

Таблица 3

НАКОПЛЕНИЕ НАДЗЕМНОЙ СУХОЙ БИОМАССЫ У СОРТА ГЫРМЫЗЫ БУГДА
 В ОНТОГЕНЕЗЕ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ДОНОРНО-АКЦЕПТОРНЫХ ОТНОШЕНИЯХ
 С ВЛИЯНИЕМ ЗАСУХИ (ц/га)

Фазы развития	Стебель				Листья				Колос							
	полив		засуха		полив		засуха		полив		засуха					
	Контроль	стебель при удалении половины	Контроль	стебель при удалении половины	Контроль	удален 8-й лист	удален 7-й лист	удалена половина колоса	Контроль	удален 8-й лист	удален 7-й лист	удалена половина колоса	Контроль	удалена половина колоса	Контроль	удалена половина колоса
Колошение-цветение	86	93	76	80	45	22	21	59	30	22	15	39	16	12	10	7
Налив зерна	150	154	110	119	38	19	17	48	24	13	9	29	30	17	21	12
Восковая спелость	116	120	95	102	29	14	12	44	15	9	7	21	88	67	42	29

Характер прироста сухой биомассы в стебле и колосе показывает, что максимальное накопление биомассы происходит в стеблях в фазе молочной спелости, а в колосе — в конце восковой спелости и составляет у сорта Алинджа-84 в условиях полива и засухи в стеблях соответственно 130 и 90 ц/га, в колосе 131 и 85 ц/га, у сорта Гырмызы бугда в стеблях 150 и 110 ц/га, в колосе 88 и 42 ц/га. Видно, что накопление сухой биомассы в колосе у сорта Гырмызы бугда под влиянием засухи снижается больше, чем на половину.

Изменение донорно-акцепторных отношений заметно влияет и на динамику накопления сухой биомассы в условиях полива и засухи. У сорта Алинджа-84 в начале фазы колошения в поливе в контрольном варианте накопление сухой биомассы в листьях, достигает 40 ц/га, при удалении листьев 8 яруса — 30 ц/га, а при удалении листьев 7 яруса — 31 ц/га, где разница составляет соответственно 25% и 23%, у сорта Гырмызы бугда эти данные составляют соответственно 45, 22, 21 ц/га, а разница 46% и 39%. У сорта Алинджа-84 эти показатели при засухи составляют соответственно 30 ц/га, 24 и 18 ц/га, 20 и 40%, у сорта Гырмызы бугда 30 ц/га, 22 и 15 ц/га, 27% и 50%. У сорта Баракатли-95 имеются идентичные данные по накоплению надземной сухой биомассы в обоих условиях.

У всех исследованных сортов листья 8 яруса в конце онтогенеза более активно участвуют в процессе налива зерна, чем листья 7-го яруса в условиях полива и засухи. Удаление половины колоса у сорта Алинджа-84 приводит к увеличению накопления сухой биомассы в листьях в условиях полива на 27%, а с влиянием засухи на 25%, у сорта Гырмызы бугда соответственно на 33% и 30%. При удалении половины колоса происходит увеличение накопления сухой биомассы в стебле в обоих условиях, которое составляет у сорта Алинджа-84 — 18% и 15%, у сорта Гырмызы бугда — 20% и 8%.

Таким образом, несмотря на то, что при удалении половины колоса происходит снижение накопления сухой биомассы в самом колосе, однако увеличивается ее содержание в листьях и стебле, тем самым как бы сохраняется баланс накопления сухой биомассы в системе целого растения.

Следующим важным показателем фотосинтетической функции пшеницы является удельная поверхностная плотность листьев (УПП), которая определяется отношением количества сухой биомассы к единице листовой площади и характеризует активность функционирования фотосинтетического аппарата. У всех нами исследованных сортов значения УПП листьев по ярусам изменяется в широком пределе: от 0,29 до 0,69 г/дм². Наибольшей УПП обладают листья 8 яруса, которая обеспечивает им наилучшую структурно-функциональную деятельность фотосинтетического аппарата.

Онтогенетическое изменение содержания хлорофилла листьев пшеницы при различных донорно-акцепторных отношениях в системе целого растения под влиянием засухи позволяет выяснить пути адаптации растений к изменяющимся условиям среды. В этом отношении влияние засухи непосредственно связано с содержанием пигментов в фотосинтезирующих органах. Действие засухи может проявляться в изменении содержания хлорофилла (a+b) или разрушении его структуры, а так же в снижении способности поглощения света в результате нарушения его функциональных свойств.

Динамика содержания хлорофилла (a+b) в листьях у сорта Алинджа-84 в течение онтогенеза приведена в таблице 4. Видно, что под влиянием засухи содержание хлорофилла подвергается к некоторому изменению. У сорта Алинджа-84 оно доходит до максимального значения у листьев 7 яруса в условиях полива и при засухе в период колошения-цветения соответственно 2,1 и 1,8 мг/г сырого веса, у листьев 8 яруса — 2,6 и 2,0 мг/г сыр. веса, которое составляет 22% и 17%. Как видно, с влиянием засухи содержание хлорофилла в листьях уменьшается.

При изменении донорно-акцепторных отношений в системе целого растения изменяется и содержание хлорофилла в листьях. У сорта Алинджа-84 удаление листьев 8 яруса в поливе и в условиях засухи приводит к увеличению содержания хлорофилла в листьях 7 яруса в среднем на 9% и 10%, удаление листьев 7 яруса к увеличению содержания хлорофилла в листьях 8 яруса — на 8 и 13%.

У исследованных сортов Баракатли-95, Шир Аслан-23 и Гырмызы бугда получены данные идентичные Алинджа-84.

При удалении половины колоса у сорта Алинджа-84 содержание хлорофилла в поливе и в условиях засухи увеличивается у листьев 7 яруса на 11% и 13%, у листьев 8 яруса на 10% и 11%, у сорта Гырмызы бугда эти показатели — 20% и 12%, 19% и 18%.

Таким образом, у изучаемых сортов некоторые показатели фотосинтеза, как динамика площади листовой поверхности и величины прироста сухой биомассы, в течение онтогенеза зависят не только от фазы развития и генотипических особенностей растений, но и от состояния донорно-акцепторных отношений в системе целого растения, также и от влияния засухи, как неблагоприятного фактора внешней среды. У исследованных сортов под влиянием засухи площадь ассимилирующих органов и нарастание сухой надземной биомассы уменьшались в сравнении с условием полива и в конце онтогенеза площадь листьев сокращалась более быстрыми темпами, чем у стеблей и колоса.

При изменении донорно-акцепторных отношений с удалением половины колоса наблюдалось увеличение площади ассимилирующих органов – листьев и стеблей в обоих условиях. Следовательно, удаление половины колоса приводило к увеличению накопления сухой биомассы в листьях и стебле. Одновременно, изменение донорно-акцепторных

отношений в системе целого растения влияет на содержание хлорофилла в листьях. Во всех случаях удаление листьев 7 яруса приводит к увеличению содержания хлорофилла в листьях 8 яруса и наоборот. При удалении половины колоса значительно снижается содержание хлорофилла как у листьев 7, так и 8 ярусов.

Таблица 4

ДИНАМИКА СОДЕРЖАНИЯ ХЛОРОФИЛЛА (a+b) В ЛИСТЬЯХ У СОРТА АЛИНДЖА 84 В ОНТОГЕНЕЗЕ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ДОНОРНО-АКЦЕПТОРНЫХ ОТНОШЕНИЯХ С ВЛИЯНИЕМ ЗАСУХИ (мг /г сыр. вес)

Фазы развития	полив						засуха					
	контроль	7 лист при удалении 8 яруса	7 лист при удалении половины колоса	контроль	8 лист при удалении 7 яруса	8 лист при удалении половины колоса	контроль	7 лист при удалении 8 яруса	7 лист при удалении половины колоса	контроль	8 лист при удалении 7 яруса	8 лист при удалении половины колоса
Колошение-цветение	1,92	1,92	1,92	2,11	2,11	2,11	1,62	1,62	1,62	1,75	1,75	1,75
	2,13	2,34	2,36	2,62	2,82	2,88	1,82	1,98	2,05	2,00	2,26	2,22
Налив зерна	2,05	2,32	2,00	2,42	2,62	2,17	1,87	2,03	1,64	1,98	2,18	1,68
	2,01	2,26	1,80	2,31	2,49	2,12	1,10	1,30	1,01	1,20	1,52	1,0
	1,65	1,70	1,49	2,15	2,10	1,82	1,04	1,0	0,92	1,10	1,43	0,92
Восковая спелость	1,13	1,37	1,10	1,30	1,70	1,12	0,60	0,71	0,56	1,00	1,25	0,78

Сравнение отдельного влияния засухи и изменения донорно-акцепторных отношений дает возможность считать, что во всех случаях влияние засухи на различные морфофизиологические показатели у сортов пшеницы проявляется больше, чем изменение донорно-акцепторных отношений. Однако состояние донорно-акцепторных отношений в системе целого растения, поскольку можно судить по разности в процентах между контрольными и опытными вариантами, остается влиятельным фактором, обуславливающим зерновую продуктивность при засухе, роль которой заметно возрастает в конце онтогенеза.

Список литературы:

1. Алиев Д. А., Казибекова Э. Г. Особенности интенсивности фотосинтеза экстенсивных и интенсивных сортов пшеницы // Известия Академии наук Азербайджанской ССР. Серия биологических наук. 1979. №3. С. 10-15.
2. Алиев Р. Т. Влияние стресса засухи к растениям и механизмы адаптации // Известия Академии наук Азербайджанской ССР. Серия биологических наук. 2012. Т. 67. №3. С. 48-58.
3. Мокроносов А. Т. Онтогенетический аспект фотосинтеза. М.: Наука, 1981. 196 с.
4. Сказкин Ф. Д. Критический период у растений по отношению к недостатку воды в почве. Л.: Наука, 1971. 120 с.
5. Тамразов Т. Г. Влияние засухи на изменение площади ассимиляционной поверхности генотипов твердой и мягкой пшеницы, различающихся от периода созревания // Аграрная наука. 2021. №6. С. 37-41. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-350-6-37-41>
6. Чиков В. И. Фотосинтез и транспорт ассимилятов. М.: Наука, 1987. 185 с.
7. Abid M., Ali S., Qi L. K., Zahoor R., Tian Z., Jiang D., Dai T. Physiological and biochemical changes during drought and recovery periods at tillering and jointing stages in wheat

(*Triticum aestivum* L.) // Scientific reports. 2018. V. 8. №1. P. 4615. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-21441-7>

8. Ahmadizadeh M., Nori A., Shahbazi H., Habibpour M. Effects of drought stress on some agronomic and morphological traits of durum wheat (*Triticum durum* Desf.) landraces under greenhouse condition // African Journal of Biotechnology. 2011. V. 10. №64. P. 14097-14107. - 14107. <https://doi.org/10.5897/AJB11.2322>

9. Foulkes M. J., Rivera C., Trujillo E., Sylvester-Bradley R., Slafer G. A., Reynolds M. P. Optimizing harvest index through increasing partitioning to spike growth and maximizing grain number // 3rd International Workshop of the Wheat Yield Consortium. CIMMYT, Cd. Obregón, Mexico. 2013. P. 26-31.

10. Cook M. G., Evans L. T. Effect of relative size and distance of competing sinks on the distribution of photosynthetic assimilates in wheat // Functional Plant Biology. 1978. V. 5. №4. P. 495-509. <https://doi.org/10.1071/PP9780495>

11. Deng X., Liu Y., Xu X., Liu D., Zhu G., Yan X., Yan Y. Comparative proteome analysis of wheat flag leaves and developing grains under water deficit // Frontiers in Plant Science. 2018. T. 9. C. 425. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00425>

12. Kichey T., Hirel B., Heumez E., Dubois F., Le Gouis J. In winter wheat (*Triticum aestivum* L.), post-anthesis nitrogen uptake and remobilisation to the grain correlates with agronomic traits and nitrogen physiological markers // Field crops research. 2007. V. 102. №1. P. 22-32. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2007.01.002>

13. Kilic H., Yağbasanlar T. The effect of drought stress on grain yield, yield components and some quality traits of durum wheat (*Triticum turgidum* ssp. *durum*) cultivars // Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca. 2010. V. 38. №1. P. 164-170. <https://doi.org/10.15835/nbha3814274>

14. Kızılgöçü F., Tazebay N., Namlı M., Albayrak Ö., Yıldırım M. The drought effect on seed germination and seedling growth in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) // International Journal of Agriculture Environment and Food Sciences. 2017. V. 1. №1. P. 33-37. <https://doi.org/10.31015/jaefs.17005>

15. Lichtenthaler H. K. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes // Methods in enzymology. Academic Press, 1987. V. 148. P. 350-382. [https://doi.org/10.1016/0076-6879\(87\)48036-1](https://doi.org/10.1016/0076-6879(87)48036-1)

16. Ma Q., Tao R., Ding Y., Zhang X., Li F., Zhu M., Sheng H. Can split application of slow-release fertilizer improve wheat yield, nitrogen efficiency and their stability in different ecological regions? // Agronomy. 2022. V. 12. №2. P. 407. <https://doi.org/10.3390/agronomy12020407>

17. Nezhadahmadi A., Prodhan Z. H., Faruq G. Drought tolerance in wheat // The Scientific World Journal. 2013. V. 2013. №1. P. 610721. <https://doi.org/10.1155/2013/610721>

18. Thorne G. N. Distribution between parts of the main shoot and the tillers of photosynthate produced before and after anthesis in the top three leaves of main shoots of Hobbit and Maris Huntsman winter wheat // Annals of Applied Biology. 1982. V. 101. №3. P. 553-559. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1982.tb00858.x>

19. Zhang M., Ma C. Y., Lv D. W., Zhen S. M., Li X. H., Yan Y. M. Comparative phosphoproteome analysis of the developing grains in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) under well-watered and water-deficit conditions // Journal of Proteome Research. 2014. V. 13. №10. P. 4281-4297. <https://doi.org/10.1021/pr500400t>

20. Zhou J. et al. Effects of water deficit on breadmaking quality and storage protein compositions in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) // Journal of the Science of Food and Agriculture. 2018. V. 98. №11. P. 4357-4368. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8968>

References:

1. Aliev, D. A., & Kazibekova, E. G. (1979). Osobennosti intensivnosti fotosinteza ekstensivnykh i intensivnykh sortov pshenitsy. *Izvestiya Akademii nauk Azerbaidzhanskoi SSR. Seriya biologicheskikh nauk*, (3), 10-15. (in Russian).
2. Aliev, R. T. (2012). Vliyanie stressa zasukhi k rasteniyam i mekhanizmy adaptatsii. *Izvestiya Akademii nauk Azerbaidzhanskoi SSR. Seriya biologicheskikh nauk*, 67(3), 48-58. (in Russian).
3. Mokronosov, A. T. (1981). Ontogeneticheskii aspekt fotosinteza. Moscow. (in Russian).
4. Skazkin, F. D. (1971). Kriticheskii period u rastenii po otnosheniyu k nedostatku vody v pochve. Leningrad. (in Russian).
5. Tamrazov, T. G. (2021). Vliyanie zasukhi na izmenenie ploshchadi assimilyatsionnoi poverkhnosti genotipov tverdoi i myagkoi pshenitsy, razlichayushchikhsya ot perioda sozrevaniya. *Agrarnaya nauka*, (6), 37-41. (in Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-350-6-37-41>
6. Chikov, V. I. (1987). Fotosintez i transport assimilyatov. Moscow. (in Russian).
7. Abid, M., Ali, S., Qi, L. K., Zahoor, R., Tian, Z., Jiang, D., ... & Dai, T. (2018). Physiological and biochemical changes during drought and recovery periods at tillering and jointing stages in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Scientific reports*, 8(1), 4615. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-21441-7>
8. Ahmadizadeh, M., Nori, A., Shahbazi, H., & Habibpour, M. (2011). Effects of drought stress on some agronomic and morphological traits of durum wheat (*Triticum durum* Desf.) landraces under greenhouse condition. *African Journal of Biotechnology*, 10(64), 14097-14107. <https://doi.org/10.5897/AJB11.2322>
9. Foulkes, M. J., Rivera, C., Trujillo, E., Sylvester-Bradley, R., Slafer, G. A., & Reynolds, M. P. (2013). Optimizing harvest index through increasing partitioning to spike growth and maximizing grain number. In *3rd International Workshop of the Wheat Yield Consortium. CIMMYT, Cd. Obregón, Mexico* (pp. 26-31).
10. Cook, M. G., & Evans, L. T. (1978). Effect of relative size and distance of competing sinks on the distribution of photosynthetic assimilates in wheat. *Functional Plant Biology*, 5(4), 495-509. <https://doi.org/10.1071/PP9780495>
11. Deng, X., Liu, Y., Xu, X., Liu, D., Zhu, G., Yan, X., ... & Yan, Y. (2018). Comparative proteome analysis of wheat flag leaves and developing grains under water deficit. *Frontiers in Plant Science*, 9, 425. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00425>
12. Kichey, T., Hirel, B., Heumez, E., Dubois, F., & Le Gouis, J. (2007). In winter wheat (*Triticum aestivum* L.), post-anthesis nitrogen uptake and remobilisation to the grain correlates with agronomic traits and nitrogen physiological markers. *Field crops research*, 102(1), 22-32. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2007.01.002>
13. Kilib, H., & Yağbasanlar, T. (2010). The effect of drought stress on grain yield, yield components and some quality traits of durum wheat (*Triticum turgidum* ssp. *durum*) cultivars. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 38(1), 164-170. <https://doi.org/10.15835/nbha3814274>
14. Kızılgöç, F., Tazebay, N., Namlı, M., Albayrak, Ö., & Yıldırım, M. (2017). The drought effect on seed germination and seedling growth in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *International Journal of Agriculture Environment and Food Sciences*, 1(1), 33-37. <https://doi.org/10.31015/jaefs.17005>
15. Lichtenthaler, H. K. (1987). Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. In *Methods in enzymology* (Vol. 148, pp. 350-382). Academic Press. [https://doi.org/10.1016/0076-6879\(87\)48036-1](https://doi.org/10.1016/0076-6879(87)48036-1)

16. Ma, Q., Tao, R., Ding, Y., Zhang, X., Li, F., Zhu, M., ... & Sheng, H. (2022). Can split application of slow-release fertilizer improve wheat yield, nitrogen efficiency and their stability in different ecological regions?. *Agronomy*, 12(2), 407. <https://doi.org/10.3390/agronomy12020407>
17. Nezhadahmadi, A., Prodhan, Z. H., & Faruq, G. (2013). Drought tolerance in wheat. *The Scientific World Journal*, 2013(1), 610721. <https://doi.org/10.1155/2013/610721>
18. Thorne, G. N. (1982). Distribution between parts of the main shoot and the tillers of photosynthate produced before and after anthesis in the top three leaves of main shoots of Hobbit and Maris Huntsman winter wheat. *Annals of Applied Biology*, 101(3), 553-559. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1982.tb00858.x>
19. Zhang, M., Ma, C. Y., Lv, D. W., Zhen, S. M., Li, X. H., & Yan, Y. M. (2014). Comparative phosphoproteome analysis of the developing grains in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) under well-watered and water-deficit conditions. *Journal of Proteome Research*, 13(10), 4281-4297. <https://doi.org/10.1021/pr500400t>
20. Zhou, J., Liu, D., Deng, X., Zhen, S., Wang, Z., & Yan, Y. (2018). Effects of water deficit on breadmaking quality and storage protein compositions in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(11), 4357-4368. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8968>

Работа поступила
в редакцию 10.06.2024 г.

Принята к публикации
21.06.2024 г.

Ссылка для цитирования:

Ахмедова Ф. А., Абдулбагиева С. А., Заманов А. А., Мирзоева Г. В. Изменение некоторых показателей фотосинтеза при различных донорно-акцепторных отношениях пшеницы под влиянием засухи // Бюллетень науки и практики. 2024. Т. 10. №7. С. 93-103. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/104/13>

Cite as (APA):

Ahmadova, F., Abdulbagiyeva, S., Zamanov, A., & Mirzoyeva, G. (2024). Changes in Some Photosynthesis Indicators Under Different Donor-Acceptor Relations of Wheat Under the Influence of Drought. *Bulletin of Science and Practice*, 10(7), 93-103. (in Russian). <https://doi.org/10.33619/2414-2948/104/13>