УДК 633.11:632.112:631.559

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2020-340-7-86-89>Тип статьи: Оригинальное исследование
Type of article: Original research**Лиховидова В.А.,
Газе В.Л.,
Ионова Е.В.**ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»,
347740, Россия, Ростовской обл., г. Зерно-
град, Научный городок, 3;
E-mail: vniizk30@mail.ru**Ключевые слова:** озимая мягкая
пшеница, сорт, фотосинтетический
аппарат, хлорофилл, гидротермические
условия, засухоустойчивость,
урожайность.**Для цитирования:** Лиховидова В.А.,
Газе В.Л., Ионова Е.В. Влияние
фотосинтетического пигмента
хлорофилла при различной
влагообеспеченности на продуктивность
растений озимой мягкой пшеницы.
Аграрная наука. 2020; 340 (7): 86–89.<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2020-340-7-86-89>**Конфликт интересов отсутствует****Valentina A. Likhovidova,
Valentina L. Gaze,
Elena V. Ionova**FSBSI "Agrarian Scientific Center "Donskoy"
3, Nauchny gorodok, Zernograd, Rostov region,
347740, Russia
E-mail: vniizk30@mail.ru**Key words:** winter bread wheat, variety,
photosynthetic apparatus, chlorophyll,
hydrothermal conditions, drought tolerance,
productivity.**For citation:** Likhovidova V.A., Gaze V.L.,
Ionova E.V. The effect of photosynthetic
chlorophyll pigment in the conditions of var-
ious moisture supply on winter bread wheat
productivity. *Agrarian Science*. 2020; 340 (7):
86–89. (In Russ.)<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2020-340-7-86-89>**There is no conflict of interests**

Влияние фотосинтетического пигмента хлорофилла при различной влагообеспеченности на продуктивность растений озимой мягкой пшеницы

РЕЗЮМЕ

Актуальность. В данной статье представлены результаты влияния реакции генотипов озимой мягкой пшеницы на гидротермические условия выращивания по параметрам структурно-функциональной организации пигментных комплексов флаговых листьев. Цель исследования – выявить различия реакции генотипов озимой мягкой пшеницы на гидротермические условия выращивания по параметрам структурно-функциональной организации пигментных комплексов флаговых листьев.**Материал и методика.** Объектом исследования служили 12 сортов и линий озимой мягкой пшеницы селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской». Оценку состояния пигментного комплекса флаговых листьев осуществляли в фазу цветения растений озимой мягкой пшеницы. Содержание пигмента хлорофилла определяли по методике Шматко И.Г. (1976). Испытание сортов на засухоустойчивость в условиях модельной засухи (засушник) метод В.В. Маймистова (1988).**Результаты.** Изучение реакции пигментного комплекса образцов озимой мягкой пшеницы на различную степень увлажнения позволило выделить генотипы, обладающие высокой адаптивной способностью в стрессовых условиях. Высокая урожайность зерна, содержание пигмента хлорофилла а и суммы хлорофиллов а+б в условиях недостаточного увлажнения отмечена у образцов Зодиак, 586/13, 595/13, Аскет, показатели которых составляют 182,4 г/м², 179,1 г/м², 173,7 г/м², 168,6 г/м²; 2,49, 2,27, 2,35, 2,22 мг/100 г сырой массы; 2,80, 2,83, 2,87, 2,70 мг/100 г сырой массы, соответственно.

The effect of photosynthetic chlorophyll pigment in the conditions of various moisture supply on winter bread wheat productivity

ABSTRACT

Relevance. The current paper has presented the study results of the reaction of winter bread wheat genotypes to the hydrothermal conditions of cultivation according to the parameters of the structural and functional arrangement of flag leaf pigment complexes. The purpose of the study was to identify differences in the reaction of winter bread wheat genotypes to hydrothermal conditions of cultivation according to the parameters of the structural and functional arrangement of flag leaf pigment complexes. To develop a criteria system for assessing drought tolerance, it is important to study the quantitative change in the chlorophyll pigment of winter bread wheat varieties.**Material and methods.** The objects of the study were 12 varieties and lines of winter bread wheat developed by the FSBSI "Agricultural Research Center "Donskoy". The estimation of the state of the pigment complex of flag leaves was conducted during the period of winter bread wheat flowering. The content of chlorophyll pigment was determined by I.G. Shmatko's method (1976). The varieties' testing on drought tolerance in the conditions of model drought (zasushnik) was carried out by V.V. Maimistov's method (1988).**Results.** The study of the reaction of the pigment complex of winter bread wheat samples to various moisture degrees allowed identifying genotypes with high adaptability in stressful conditions. Large productivity of the varieties, content of chlorophyll pigment а and the sum of chlorophyll а + b under conditions of insufficient moisture supply were identified in the samples 'Zodiak', '586/13', '595/13', 'Asket', whose indicators were 182.4 g/m², 179.1 g/m², 173.7 g/m², 168.6 g/m²; 2.49, 2.27, 2.35, 2.22 mg/100 g of wet weight; 2.80, 2.83, 2.87, 2.70 mg/100 g of wet weight, respectively.Поступила: 23 июня
После доработки: 31 июля
Принята к публикации: 31 июляReceived: 23 June
Revised: 31 July
Accepted: 31 July

Введение

В условиях южной зоны Ростовской области, из-за часто повторяющихся засушливых условий в течение вегетационного периода одним из основных направлений селекционной работы с зерновыми культурами является создание высокоустойчивых, адаптивных сортов озимой пшеницы. Основная часть урожая сортов озимой пшеницы является результатом работы фотосинтетического аппарата растительных пигментов хлорофилла *a* и *b*, играющих жизненно важную роль в процессах фотосинтеза [1].

Количество фотосинтетических пигментов в листьях зерновых культур является наследуемым признаком сорта со своей возрастной и структурной динамикой. В фазу цветения содержание хлорофилла в листьях возрастает от нижних к верхним и становится максимальным у флагового листа. Создание новых, более продуктивных сортов зерновых культур часто связано именно с количественными изменениями пигментного состава листьев [2].

Имея данные о количественном содержании зеленых пигментов в листьях, можно оценить эффективность использования растениями фотосинтетически активной радиации, прогнозировать продуктивность посевов, сроки уборки урожая, обеспеченность посевов минеральными удобрениями, в частности азотными [3]. Поддержание высокого уровня содержания хлорофилла у пшеницы считается желательным признаком в селекции на устойчивость к высоким температурам, поскольку он указывает на меньшую степень фотоингибирования при действии стрессора [4].

В связи с этим практический интерес представляет сравнение работы пигментного аппарата флаговых листьев сортов пшеницы при различных условиях увлажнения, что может дать информацию о направлении селекционного улучшения физиолого-генетических признаков растений [4]. Цель исследования — выявить различия реакции генотипов озимой мягкой пшеницы на гидротермические условия выращивания по параметрам структурно-функциональной организации пигментных комплексов флаговых листьев.

Материалы и методы

Объектом исследования служили 12 сортов и линий озимой мягкой пшеницы селекции ФГБНУ «АНЦ «Донской». Оценку состояния пигментного комплекса флаговых листьев осуществляли в фазу цветения растений озимой мягкой пшеницы. Экстракцию пигмента хлорофилла проводили 96% этиловым спиртом. Определение оптической плотности растворов осуществлялось на спектрофотометре Implen 80. Хлорофилл «а» смотрелся на длине волны 665, хлорофилл «б» — 649, общий хлорофилл — 654 (Шматько И.Г. 1976 г.), расчет их содержания по формуле (Wintermans. De Mots. 1965) $Ca = 13,7 \cdot D_{a\ 665} - 5,76 \cdot D_{b\ 649}$; $Cb = 25,8 \cdot D_{b\ 649} - 7,6 \cdot D_{a\ 665}$; $C_{a+b} = 25,1 \cdot D_{a+b\ 654}$. Испытание сортов на засухоустойчивость в условиях модельной засухи (засушник) метод В. В. Маймистова (1988). На площадке размещены стеллажи размерами (2,1 × 4 × 0,7 м), расположенные на 0,6 м от поверхности земли. Начиная с фазы роста стебля и до восковой спелости зерна растения выращивались в различных условиях: недостаточное увлажнение (30 % ПВ и ниже); оптимальное увлажнение (70% ПВ, полив). Анализ элементов структуры продуктивности проводили по 10 растениям в четырехкратной повторности. Полученные данные обрабатывали статистически с использованием пакетов программ Microsoft Office Excel 10.

Результаты и их обсуждение

В физиолого-генетических и селекционных работах чаще всего анализируются следующие показатели пигментного комплекса растений — это содержание хлорофиллов *a*, *b*, их сумма и соотношение. В таблице представлены значения содержания фотосинтетических пигментов во флаговых листьях растений озимой мягкой пшеницы, выращенных в условиях недостаточного и оптимального увлажнения.

Согласно данным, содержание пигмента хлорофилла *a* в условиях недостаточного увлажнения находилось в пределах от 1,91 (Амбар) до 2,49 мг/100 г сырой массы (Зодиак). Наибольшее его содержание в листьях отмечено у образцов Зодиак (2,49 мг/100 г сырой массы), 595/13 (2,35 мг/100 г сырой массы), 791/13 (2,33 мг/100 г сырой массы). При оптимальном увлажнении этот показатель варьировал от 1,31 (Амбар) до 2,16 мг/100 г сырой массы (1005/14). Наиболее высокие его значения зафиксированы у генотипов 1005/14 (2,16 мг/100 г сырой массы), Зодиак и 586/13 (2,15 мг/100 г сырой массы), Аскет (2,14 мг/100г сырой массы).

Образцы озимой мягкой пшеницы, выращенные в условиях недостаточного увлажнения, накапливали хлорофилла *a* больше, чем те же сорта при выращивании в условиях оптимального увлажнения. Варибельность признака по годам исследования образцов, выращенных в условиях засухи, была незначительной и составила 4,97%. Такая невысокая варибельность объясняется относительно низким влиянием гидротермических условий на процессы синтеза пигмента хлорофилла. При этом в условиях оптимального увлажнения процент варибельности несколько выше 13,93%.

Оптимальное увлажнение способствовало более интенсивному синтезу хлорофилла *b*, в среднем его содержание выше, чем при недостаточном увлажнении, на 14,2%. Коэффициент вариации содержания пигмента хлорофилла *b* в листьях растений озимой пшеницы составил 5,81 (недостаточное увлажнение), 8,51% (оптимальное увлажнение).

В физиологических исследованиях широко используется оценка такого показателя, как соотношение хлорофиллов *a* и *b*. Появлению значимых различий способствовали разные условия выращивания, соотношение *a/b* в условиях оптимального увлажнения было выше на 32,2 %, чем в условиях недостаточной влагообеспеченности.

Снижение значений соотношения хлорофиллов *a/b* может свидетельствовать о повышении адаптивного потенциала растений в условиях стресса и быть показателем устойчивости растений. Минимальное соотношение хлорофиллов в условиях недостаточной влагообеспеченности отмечено у образцов 791/13 (19,8%), 586/13 (20%), Зодиак (20,2%) и Универ (20,3%). По годам исследования варибельность данного показателя была выше в условиях оптимального увлажнения (22,1%), в то время как в условиях недостаточного увлажнения — (7,9%).

Фотосинтез является основным метаболическим процессом, обеспечивающим образование биомассы растений и формирование его репродуктивных органов, большое внимание уделяется изучению взаимосвязей продуктивности растений с функционированием фотосинтетического аппарата. Средние корреляционные связи содержания пигмента хлорофилла и элементами продуктивности сортов и линий были отмечены в условиях недостаточного увлажнения. Содержание хлорофилла *a* коррелировало с урожайностью ($r = 0,31 \pm 0,01$);

Таблица Содержание фотосинтетического пигмента хлорофилла в фазу цветения (среднее 2017–2019 годы)

Table Content of photosynthetic pigment chlorophyll in the flowering phase (average 2017–2019)

Образцы	Хлорофилл а		Хлорофилл б		Хлорофилл а+б		Хлорофилл а/б	
	Недостаточное увлажнение	Оптимальное увлажнение	Недостаточное увлажнение	Оптимальное увлажнение	Недостаточное увлажнение	Оптимальное увлажнение	Недостаточное увлажнение	Оптимальное увлажнение
Донская степь	2,10	1,51	0,507	0,573	2,60	2,98	24,1	37,9
Юбилей Дона	2,18	1,48	0,513	0,63	2,77	2,92	23,5	42,6
1005/14	2,29	2,16	0,477	0,513	2,67	2,73	20,8	23,8
1074/14	2,12	1,84	0,487	0,523	2,67	2,84	23	28,4
Универ	2,12	2,03	0,43	0,620	2,63	3,04	20,3	30,5
Зодиак	2,49	2,15	0,503	0,570	2,80	2,91	20,2	26,5
Аскет	2,22	2,14	0,509	0,550	2,70	2,72	22,9	25,7
586/13	2,27	2,15	0,454	0,506	2,83	2,87	20	23,5
595/13	2,35	1,58	0,587	0,660	2,87	2,98	25	41,8
791/13	2,33	1,81	0,461	0,477	2,69	2,75	19,8	26,4
Нива Дона	2,24	1,73	0,475	0,587	2,69	2,73	21,2	33,9
Амбар	1,91	1,31	0,473	0,653	2,37	2,76	24,8	49,8
Ср	2,22	1,80	0,490	0,571	2,692	2,85	22,1	32,6
Стандартное отклонение	0,11	0,25	0,028	0,049	0,087	0,10	1,8	7,2

хлорофилл *b* с массой 1000 ($r = 0,56 \pm 0,05$), массой зерна с главного колоса ($r = 0,3 \pm 0,01$), числом зерен с колоса ($r = -0,33 \pm 0,02$); сумма хлорофиллов *a+b* с урожайностью ($r = 0,47 \pm 0,06$); соотношение *a/b* с массой зерна с главного колоса ($r = 0,31 \pm 0,02$) и массой 1000 зерен ($r = 0,49 \pm 0,11$).

В условиях оптимального увлажнения также выявлены средние корреляционные связи хлорофилла *a* с массой зерна с главного колоса ($r = 0,33 \pm 0,02$), урожайностью ($r = 0,32 \pm 0,01$) и густотой продуктивного стеблестоя ($r = -0,43 \pm 0,05$); хлорофилла *b* с массой зерна с главного колоса ($r = 0,3 \pm 0,01$); сумма хлорофиллов *a+b* с числом зерен ($r = 0,39 \pm 0,06$), массой зерна с главного колоса ($r = 0,49 \pm 0,08$), массой 1000 зерен ($r = 0,35 \pm 0,04$) и урожайностью ($r = 0,30 \pm 0,005$); соотношение *a/b* с густотой продуктивного стеблестоя ($r = 0,31 \pm 0,01$).

Физиологические данные и их статистическая обработка свидетельствуют о том, что снижение содержания хлорофилла тесно связано со снижением урожая сортов и линий озимой мягкой пшеницы. В условиях недостаточного увлажнения наибольшую продуктивность растений озимой мягкой пшеницы сформировали образцы Зодиак (182,4 г/м²), 586/13 (179,1 г/м²), 595/13 (173,7 г/м²), Аскет (168,6 г/м²) (рис.).

Данные образцы обладают высокой засухоустойчивостью за счет способности накапливать в стрессовых условиях большое количество хлорофилла *a* и общую сумму хлорофиллов, влияющих на адаптивные способности растений.

Рис. Урожайность образцов озимой мягкой пшеницы в условиях недостаточного и оптимального увлажнения (среднее 2017–2019 годы)

Fig. Productivity of samples of winter soft wheat under conditions of insufficient and optimal moisture (average 2017–2019)

Заключение

Изучение реакции пигментного комплекса образцов озимой мягкой пшеницы на различное увлажнение позволило выделить генотипы, обладающие высокой адаптивной способностью в стрессовых условиях. Высокая урожайность сортов, содержание пигмента хлорофилла и суммы хлорофиллов *a+b* в условиях недостаточного увлажнения отмечена у образцов Зодиак, 586/13, 595/13, Аскет, показатели которых составляют 182,4 г/м², 179,1 г/м², 173,7 г/м², 168,6 г/м²; 2,49, 2,27, 2,35, 2,22 мг/100 г сырой массы; 2,80, 2,83, 2,87, 2,70 мг/100 г сырой массы, соответственно. Для создания системы критериев оценки устойчивости к засухе важно изучение количественного изменения пигмента хлорофилла в сортах озимой мягкой пшеницы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тютерева Е.В., Дмитриева В.А., Войцеховская О.В. Хлорофилл b как источник сигналов, регулирующих развитие и продуктивность растений. Сельскохозяйственная биология. 2017;52(5):843-855. doi: 10.15389/agrobiology.2017.5.843rus
2. Ионова Е.В., Газе В.Л., Лиховидова В.А. Фотосинтетическая деятельность и динамика накопления сухой массы растений озимой мягкой пшеницы в зависимости от условий выращивания. Зерновое хозяйство России. 2020;(1):23-27.
3. Тарасенко С., Живлюк Е. Пигментный состав сортов мягкой озимой пшеницы. Наука и инновации. 2009;7(77):25-28.
4. Амунова О.С., Лисицын Е.М. Влияние различных условий увлажнения на пигментный комплекс листьев сортов мягкой яровой пшеницы разных групп спелости. Самарский научный вестник. 2019;8(28):19-24.

ОБ АВТОРАХ:

Лиховидова Валентина Александровна, младший научный сотрудник лаборатории физиологии растений, <https://orcid.org/0000-0002-5340-4901>
Газе Валентина Леонидовна, младший научный сотрудник лаборатории физиологии растений, <https://orcid.org/0000-0002-4618-6125>
Ионова Елена Витальевна, доктор сельскохозяйственных наук, руководитель центра фундаментальных научных исследований, <https://orcid.org/0000-0002-2840-6219>

REFERENCES

1. Tyutereva E.V., Dmitrieva V.A., Voitsekhovskaja O.V. Chlorophyll b as a source of signals steering plant development (review). Sel'skokhozyaistvennaya biologiya [Agricultural Biology]. 2017;52(5):843-855. (In Russ.) doi: 10.15389/agrobiology.2017.5.843rus
2. Ionova E.V., Gaze V.L., Likhovidova V.A. Photosynthetic activity and dynamics of dry mass accumulation in soft winter wheat plants depending on growing conditions. Grain farming in Russia. 2020;(1):23-27. (In Russ.)
3. Tarasenko S., Zhivlyuk E. Pigment composition of soft winter wheat varieties. Science and innovation. 2009;7(77):25-28. (In Russ.)
4. Amunova O.S., Lisitsyn E.M. Influence of different moisture conditions on the pigment complex of leaves of soft spring wheat varieties of different ripeness groups. Samara Scientific Bulletin. 2019;8(28):19-24. (In Russ.)

ABOUT THE AUTHORS:

Valentina A. Likhovidova, Junior Researcher, Laboratory of Plant Physiology, <https://orcid.org/0000-0002-5340-4901>
Valentina L. Gaze, Junior Researcher, Laboratory of Plant Physiology, <https://orcid.org/0000-0002-4618-6125>
Elena V. Ionova, Doctor of Agricultural Sciences, Head of the Center for Fundamental Scientific Research, <https://orcid.org/0000-0002-2840-6219>

НОВОСТИ • НОВОСТИ • НОВОСТИ • НОВОСТИ • НОВОСТИ •

Площадь озимых в Башкирии будет увеличена на 38%

Башкирские сельхозпроизводители планируют увеличить на 38%, до 500 тыс. га, площадь посевов озимых культур под урожай 2021 года (в прошлом году было засеяно 363 тыс. га).

Расширение посевных площадей озимых культур является одним из основных резервов увеличения валового производства зерна, отметили участники оперативного совещания республиканского правительства. При этом основной упор в текущем году будет сделан на озимую пшеницу.

В настоящее время на территории региона ведется уборка урожая, сообщило ведомство. В уборочную страду аграриям предстоит убрать 360 тыс. га озимых, 335 тыс. га масличных, 365 тыс. га технических культур.

По мнению экспертов, грамотное использование технологий, средств защиты растений и удобрений сведет к минимуму риски гибели посевов из-за неблагоприятной зимовки.

Российскими учеными созданы новые сорта мягкой яровой пшеницы

В филиале Федерального исследовательского центра «Институт цитологии и генетики» СибНИИРС создано два новых сорта мягкой яровой пшеницы.

Руководитель СибНИИРС Евгений Лихенко сообщил СМИ, что по пшенице с 2020 года сорт «Новосибирская-49» испытывается в государственном сортоиспытании. «Сорт по вегетационному периоду как «Новосибирская-31» (среднеранний сорт, тоже созданный в СибНИИРС), который в 2019 году занимал второе место в РФ по объемам высеваемого зерна», – отметил ученый. От «Новосибирской-31» новый сорт отличается более крупным зерном.

С 2021 года на государственные сортоиспытания будет передана раннеспелая, но крайне урожайная пшеница «Новосибирская-75», которая отличается хорошей устойчивостью к заболеваниям растений – мучнистой росе, бурой ржавчине и другим болезням.

Всего учеными СибНИИРС создано 19 сортов мягкой пшеницы.