

Вклад авторов

Долгих С.Г. Концептуализация (выбор направления исследований, цели, задачи) Курирование данных (решения поставленных задач и постановки научных опытов). Методология, Надзор, Проверка (Анализ полученных результатов, математическая обработка данных) Написание статьи - литературный обзор, результаты исследований, заключение.

Саршаева М. Методология (постановка научных опытов согласно методологии исследований) Проведение технических работ приготовления питательной среды, пассирования растительных тканей в культуре *in vitro* и ухода за базисными и базовыми растениями *ex vitro*. Анализ полученных результатов, редактирование научной статьи.

Ташкенбаева А. Методология (постановка научных опытов согласно методологии исследований). Проведение технических работ приготовления питательной среды, пассирования растительных тканей в культуре *in vitro* и ухода за базисными и базовыми растениями *ex vitro*.

МРНТИ 68.35.29

DOI <https://doi.org/10.37884/3-2025/12>

О.О. Крадецкая, Е. В. Мамыкин, С.М. Дашкевич, М.У. Утебаев, И.В. Чилимова*

*ТОО «Научно-производственный центр зернового хозяйства им. А.И. Бараева»,
Казахстан, п. Научный, oksana_cwr@mail.ru*, mamykin_ev@mail.ru, vetka-da@mail.ru,
chemplant@mail.ru, coronela@mail.ru*

ВЛИЯНИЕ НАКОПЛЕНИЯ ХЛОРОФИЛЛА В МЯГКОЙ ПШЕНИЦЕ НА УРОЖАЙНОСТЬ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ И ВНЕСЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

Аннотация

Исследования, представленные в статье направлены на изучение накопления хлорофилла и каротиноидов в зеленой массе яровой мягкой пшеницы сорта Шортандинская 95 улучшенная в различные фазы роста и развития растения в зависимости от внесения минеральных удобрений и технологии возделывания. Выбор технологии возделывания, норм внесения удобрений, сортов и предшествующих культур должен обеспечивать оптимальные условия для полноценного развития растения. Изучение хлорофилла в мягкой пшенице необходимо для оценки ее физиологического состояния, уровня фотосинтеза и способности формировать высокий и качественный урожай. В результате исследований было определено содержание хлорофилла а и b, а также каротиноидов в зеленой массе мягкой пшеницы в фазу кущения и в фазу выхода в трубку. Данные исследования позволят установить влияние накопления хлорофилла в мягкой пшенице на урожайность в зависимости от технологий возделывания и доз внесения удобрений в условиях Акмолинской области. В ходе исследований выделены варианты с внесением Р₆₀ аф. в пар при традиционной системе земледелия в зернопаровом севообороте, Р₈₀ аф.+ N aa в рядки по диагностике в плодосменном севообороте. При нулевой технологии возделывания в зернопаровом севообороте лучшим отмечен вариант с внесением Р₂₀ N₂₀ наф. в рядки, вариант Р₂₀ аф.+ N₃₀ aa осенью поверхностно – в плодосменном. По урожайности зерна яровой пшеницы в зависимости от способа и времени внесения аммиачной селитры в азотно-фосфорных вариантах не отмечено. Корреляционный анализ определил среднюю корреляцию по суммарному содержанию хлорофилла а и b и урожайностью не зависимо от севооборота и системы земледелия от 0,68 ед до 0,70 ед. Очень слабая корреляция получена между показателями каротиноиды и урожайность от 0,2 ед. до 0,3 ед.

Ключевые слова: дозы удобрений, каротиноиды, мягкая пшеница, технология возделывания, урожайность, хлорофилл.

Введение

Качество Казахстанского зерна традиционно считается высоким благодаря благоприятным климатическим условиям и почвам, особенно в Северных регионах страны. Однако на качество зерна и урожайность могут влиять погодные условия, технологии выращивания, внесение удобрений, поэтому оно может варьироваться от года к году. Самой серьезной угрозой для устойчивого производства сельскохозяйственных культур в условиях меняющегося климата это дефицит воды и нестабильные погодные условия в связи с резко – континентальным климатом [1, 2]. Исследователи прилагают все усилия для разработки устойчивости к дефициту воды в сельскохозяйственных культурах, в засушливые годы растения теряют воду, из-за этого снижается фотосинтез и замедляется рост и развитие [3]. При нехватке хлорофилла растения хуже поглощают свет, фотосинтез ослабляется, растение теряет энергию, нужную для продолжения жизнедеятельности [4]. Стресс засухи нарушает фотосинтетические пигменты и снижает накопление хлорофилла, что приводит к снижению роста и продуктивности растений [5-8]. Количество фотосинтетических пигментов в листьях зерновых культур является наследуемым признаком сорта, при этом имея свою возрастную и структурную динамику [9,10].

Обычно содержание хлорофиллов возрастает от нижних к верхним и становится максимальным у флагового листа в фазу цветения [11,12]. Создание новых, более продуктивных сортов зерновых культур часто связано именно с количественными изменениями пигментного состава листьев [13,14].

Определение содержания хлорофилла в зелёной массе мягкой пшеницы проводится для оценки физиологического состояния растений, продуктивности и эффективности агротехнических мероприятий [15].

Хлорофилл — ключевой пигмент, участвующий в фотосинтезе. Пониженное содержание хлорофилла может говорить о нехватке азота или других элементов питания, стрессах (засуха, переувлажнение, заболевания, поражение вредителями) и др. [16]. Имея данные о количественном содержании зеленых пигментов в листьях, можно прогнозировать продуктивность посевов, сроки уборки урожая, обеспеченность посевов минеральными удобрениями. Физиологические данные ряда ученых свидетельствуют о том, что снижение содержания хлорофилла тесно связано со снижением урожая [17-19].

Регулирование уровня хлорофилла и его производных чрезвычайно важно, поскольку эти молекулы являются сильными фотосенсибилизаторами, когда они присутствуют в избытке, они будут генерировать активные формы кислорода (АФК). АФК, в свою очередь, способствуют замедлению роста или гибели клеток. Следовательно, для поддержания здорового роста растения должны точно контролировать весь процесс метаболизма хлорофилла в растении, поэтому необходимо производить отбор растительных проб в разные фазы вегетации [20].

Цель исследований – изучить влияние накопления хлорофилла а и b, каротиноидов в зеленой массе мягкой пшеницы на урожайность в зависимости от варианта внесения удобрений и технологии возделывания в условиях Северного Казахстана.

Задачи исследований: - провести биохимическую оценку зеленой массы мягкой пшеницы по накоплению хлорофилла и каротиноидов в фазу кущения и выхода в трубку;

- изучить влияние накопления хлорофилла на урожайность в зависимости от варианта внесения удобрений и технологии возделывания;

- изучить корреляционную зависимость между содержанием хлорофилла, каротиноидов и урожайностью.

Методы и материалы

Исследования проводились на площадях ТОО «НПЦЗХ им. А.И. Бараева». Объект исследования - зеленая масса сорта мягкой пшеницы Шортандинская – 95 улучшенная

(Казахстан) в фазу кушения и выхода в трубку, с изучаемых вариантов по внесению удобрений с применением традиционной и нулевой систем земледелия в плодосменном и зернопаровом севооборотах.

Содержание хлорофилла определено методом извлечения хлорофилла с помощью соответствующего растворителя и определено на спектрофотометре КФК – 3 (рисунок 1).



Рисунок 1 – Определение хлорофилла в растительных образцах яровой мягкой пшеницы

По результатам проведенных исследований по накоплению хлорофилла в зеленой массе пшеницы выделены варианты с внесением аммофоса в пар в дозе 60 мг/кг (P_{60} аф. в пар) при традиционной системе земледелия в зернопаровом севообороте отмечено максимальное накопление Chl a – 1,275 мг/г в фазу выхода в трубку и количество каротиноидов 0,227 мг/г, Chl b – 0,780 мг/г в фазу и суммарное количество хлорофилла а и b 1,954 мг/г в фазу кушения, что повлияло на высокий урожай на данном варианте 27,8 ц/га (таблица 1). В плодосменном севообороте на высокую урожайность (25,5 ц/га) повлияло высокое накопление хлорофилла а в две изучаемые фазы 1,165 мг/г и 1,183 мг/г и суммарное количество хлорофилла 1,983 мг/г в фазу выхода в трубку на варианте с внесением аммофоса в дозе 80 мг/кг и аммиачной селитры по диагностике в рядки (P_{80} аф.+ N_{aa} в рядки по диагностике). При внесении нитроаммофоса P_{20} N_{20} наф. ежегодно в рядки с наибольшим показателем суммарного содержания хлорофилла а и b (1,730 мг/г), каротиноидов (0,273 мг/г) в фазу кушения получена урожайность 25,6 ц/га.

При нулевой технологии возделывания в зернопаровом севообороте выделен вариант P_{20} N_{20} наф. в рядки с высоким накоплением суммарного количества хлорофилла а и b – 2,165 мг/г в фазу выхода в трубку, что повлияло на высокую урожайность 28,5 ц/га. В плодосменном севообороте лучшим отмечен вариант P_{20} аф.+ N_{30} аа осенью поверхностно с урожайностью 22,5 ц/га и высоким содержанием Chl a + Chl b – 1,927 мг/г.

По результатам корреляционного анализа и шкале Чеддока получена средняя корреляция по суммарному содержанию хлорофилла а и b и урожайностью не зависимо от севооборота и системы земледелия от 0,68 ед до 0,70 ед. Очень слабая корреляция отмечена между показателями каротиноиды и урожайность от 0,2 ед. до 0,3 ед.

Таблица 1 – Влияние содержания хлорофилла А и В, каротиноидов в зеленой массе в фазу кущения, выход в трубку на урожайность пшеницы в зависимости от технологии возделывания и внесения минеральных удобрений

Вариант опыта	Мг/г сырой массы						Урожайность, ц/га			
	Хлорофилл а (Chla)		Хлорофилл b (Chlb)		Суммарное количество хлорофилла а и b					Количество каротиноидов
	кущение	выход в трубку	кущение	выход в трубку	кущение	выход в трубку	кущение	выход в трубку	кущение	выход в трубку
традиционная технология, зернопаровой севооборот										
Контроль	1,077	1,030	0,443	0,561	1,520	1,591	0,297	0,135	19,1	
P ₂₀ аф. в рядки	0,982	0,908	0,366	0,460	1,348	1,368	0,197	0,130	24,8	
P ₂₀ аф. + N ₃₀ аа осенью пов-но под 2 и 3 КПП	1,201	1,147	0,508	0,642	1,709	1,789	0,223	0,130	25,2	
P ₂₀ аф. + N ₃₀ аа весной пов-но под 2 и 3 КПП	1,088	1,086	0,474	0,579	1,562	1,665	0,200	0,136	25,2	
P ₆₀ аф. в пар	1,174	1,275	0,780	0,465	1,954	1,740	0,167	0,227	27,8	
P ₆₀ + N аа в рядки по диагностике	1,002	1,095	0,373	0,805	1,375	1,900	0,179	0,081	27,9	
P ₂₀ N ₂₀ наф. ежегодно в рядки	0,958	1,257	0,354	0,797	1,312	2,054	0,164	0,133	25,0	
Min	0,958	0,908	0,354	0,46	1,312	1,368	0,164	0,081	19,1	
Max	1,201	1,275	0,780	0,805	1,954	2,054	0,297	0,227	27,9	
Среднее	1,071	1,109	0,492	0,619	1,561	1,725	0,210	0,142	24,7	
традиционная технология, плодосменный севооборот										
Контроль	0,934	1,189	0,360	0,333	1,294	1,522	0,208	0,123	19,0	
P ₂₀ аф. в рядки	0,955	0,635	0,378	0,241	1,333	0,876	0,183	0,095	22,9	
P ₂₀ аф. + N ₃₀ аа осенью пов-но	0,785	0,861	0,274	0,645	1,059	1,506	0,179	0,055	25,3	
P ₂₀ аф. + N ₃₀ аа весной пов-но	1,100	1,016	0,566	0,328	1,666	1,344	0,231	0,162	25,2	
P ₈₀ аф. в пар	1,138	0,880	0,503	0,321	1,641	1,201	0,222	0,194	22,3	
P ₈₀ аф. + N аа в рядки по диагностике	1,165	1,183	0,492	0,800	1,657	1,983	0,210	0,104	25,5	
P ₂₀ N ₂₀ наф. ежегодно в рядки	1,144	0,964	0,586	0,936	1,730	1,900	0,273	0,143	25,6	
Min	0,785	0,635	0,274	0,241	1,059	0,876	0,179	0,055	19,0	
Max	1,165	1,189	0,586	0,936	1,730	1,983	0,273	0,194	25,6	
Среднее	1,019	0,950	0,447	0,531	1,438	1,466	0,218	0,125	23,4	

Продолжение Таблицы 1

нулевая технология, зернопаровой севооборот										
Контроль	1,118	1,157	0,603	0,678	1,721	1,835	0,240	0,155	21,9	
P ₂₀ аф. в рядки	1,113	1,055	0,600	0,528	1,713	1,583	0,212	0,175	28,0	
N ₃₀ аа в рядки	1,125	1,035	0,475	0,592	1,600	1,627	0,217	0,117	19,2	
P ₂₀ аф. + N ₃₀ аа осенью пов-но	0,896	0,824	0,365	0,731	1,261	1,555	0,162	0,022	28,2	
P ₂₀ аф. + N ₃₀ аа весной пов-но	0,887	1,047	0,546	0,814	1,433	1,861	0,166	0,074	28,3	
P ₂₀ аф. + N аа в рядки по диагностике	1,129	1,026	0,478	0,897	1,607	1,923	0,194	0,031	28,6	
P ₂₀ N ₂₀ наф. в рядки	1,115	1,203	0,466	0,962	1,581	2,165	0,194	0,074	28,5	
Min	0,887	0,824	0,365	0,528	1,261	1,555	0,162	0,022	19,2	
Max	1,129	1,203	0,603	0,962	1,721	2,165	0,240	0,175	28,6	
Среднее	1,044	1,042	0,500	0,744	1,544	1,808	0,199	0,094	25,6	
нулевая технология, плодосменный севооборот										
Контроль	1,174	1,017	0,559	0,803	1,733	1,820	0,200	0,061	17,5	
P ₂₀ аф. в рядки	0,874	0,693	0,373	0,574	1,247	1,267	0,244	0,038	20,3	
N ₃₀ аа в рядки	1,279	1,149	0,490	0,787	1,769	1,936	0,234	0,096	15,3	
P ₂₀ аф. + N ₃₀ аа осенью пов-но	1,310	0,902	0,617	0,444	1,927	1,346	0,210	0,138	22,5	
P ₂₀ аф. + N ₃₀ аа весной пов-но	1,102	0,894	0,427	0,638	1,529	1,532	0,240	0,071	22,2	
P ₂₀ аф. + N аа в рядки по диагностике	1,105	1,031	0,479	0,833	1,584	1,864	0,241	0,053	22,8	
P ₂₀ N ₂₀ наф. в рядки	1,177	1,199	0,599	0,632	1,776	1,831	0,138	0,150	17,5	
Min	0,874	0,693	0,373	0,444	1,247	1,267	0,138	0,038	15,3	
Max	1,310	1,199	0,617	0,833	1,927	1,936	0,244	0,150	22,8	
Среднее	1,134	0,975	0,504	0,665	1,638	1,644	0,210	0,088	19,6	

Выводы

Полученные результаты исследований по накоплению хлорофилла в начальные фазы роста и развития растения (кущение, выход в трубку) являются научно-практической основой для получения прогноза урожайности, обеспеченности посевов минеральными удобрениями, а также оптимальной дозе внесения в качестве улучшения продуктивности растений. При внесении удобрений изменение содержания хлорофилла показывает, насколько эффективно они усваиваются растениями. В ходе исследований выделены варианты с внесением P_{60} аф. в пар при традиционной системе земледелия в зернопаровом севообороте, P_{80} аф. + N_{aa} в рядки по диагностике в плодосменном севообороте. При нулевой технологии возделывания в зернопаровом севообороте лучшим отмечен вариант с внесением P_{20} N_{20} наф. в рядки, вариант P_{20} аф. + N_{30} аа осенью поверхностно – в плодосменном.

По результатам корреляционного анализа и шкале Чеддока получена средняя корреляция по суммарному содержанию хлорофилла а и b и урожайностью не зависимо от севооборота и системы земледелия от 0,68 ед до 0,70 ед. Очень слабая корреляция отмечена между показателями каротиноиды и урожайность от 0,2 ед. до 0,3 ед.

Благодарность: Исследования проведены в рамках научно-технической программы по программно-целевому финансированию на 2024-2026 годы (Министерство сельского хозяйства Республики Казахстан) BR22885719 «Разработать и внедрить устойчивые системы земледелия для рентабельного производства сельскохозяйственной продукции в условиях изменяющегося климата для различных почвенно-климатических зон Казахстана».

Список литературы

1. S. Anjum, L. Wang, M. Farooq, L. Xue, S. Ali. Fulvic acid application improves the maize performance under well-watered and drought conditions, Crop Sci, 2011, Volume 197, 409–417, <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1439-037X.2011.00483.x>.
2. Жумагулов И. И., Амантаев Б. О., Муханов Н. К., Кульжабаев Е. М. (2021). Влияние атмосферных осадков на урожайность яровой пшеницы и ячменя в сухостепной зоне Северного Казахстана [Текст] / И. И. Жумагулов, Б. О. Амантаев, Н. К. Муханов, Е. М. Кульжабаев // Izdenister natigeler. – 2021. -№ 3 (91). – С. 28-36, <https://journal.kaznaru.edu.kz/index.php/research/article/view/49>.
3. Zhumagulov I. I., Amantaev B. O., Muhanov N. K., Kul'zhabaev E. M. (2021). Vliyanie atmosferynyh osadkov na urozhajnost' yarovoj pshehicy i yachmenya v suhostepnoj zone Severnogo Kazahstana [Tekst] / I. I. Zhumagulov, B. O. Amantaev, N. K. Muhanov, E. M. Kul'zhabaev // Izdenister natigeler. – 2021. -№ 3 (91). – S. 28-36. [In Russian].
4. I. Marcińska, I. Czyczyło-Mysza, E. Skrzypek, M. Filek, S. Grzesiak, M.T. Grzesiak, F. Janowiak, T. Hura, M. Dziurka, K. Dziurka. Impact of osmotic stress on physiological and biochemical characteristics in drought-susceptible and drought-resistant wheat genotypes, Acta Physiol. Plant, 2013, Volume 35, 451–461, <https://link.springer.com/article/10.1007/s11738-012-1088-6>.
4. A. Qayyum, S. Al Ayoubi, A. Sher, Y. Bibi, S. Ahmad, Z. Shen, M. A. Jenks. Improvement in drought tolerance in bread wheat is related to an improvement in osmolyte production, antioxidant enzyme activities, and gaseous exchange, Saudi Journal of Biological Sciences, 2021, Volume 28(9), 5238-5249, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1319562X21004071>.
5. A. Ullah, W. M. Al-Busaidi, A.M. Al-Sadi, M. Farooq Bread wheat genotypes accumulating free proline and phenolics can better tolerate drought stress through sustained rate of photosynthesis, Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 2021, Volume 22(1), 165-176, <https://link.springer.com/article/10.1007/s42729-021-00641-7>.
6. M.A. Shalaby, M.A. Ahmed, M.A. Khater Physiological responses of some barley cultivars to foliar treatments with arginine under water stress conditions, Middle East J. Agric. Res, 2018, Volume 7, 1102–1123, <https://www.curreweb.com/mejar/mejar/2018/1102-1123>.
7. M. Hasanuzzaman, K. Nahar, A. Rahman, M. Inafuku, H. Oku, M. Fujita Exogenous nitric oxide donor and arginine provide protection against short-term drought stress in wheat seedlings,

Physiol. Mol. Biol. Plants, 2018, Volume 24, 993–1004, <https://www.curreweb.com/mejar/mejar/2018/1102-1123>.

8. H. A. Hussein, S. O. Alshammari, S. K. Kenawy, F. M. Elkady, A. A. Badawy Grain-priming with L-arginine improves the growth performance of wheat (*Triticum aestivum* L.) plants under drought stress, *Plants*, 2022, Volume 11(9), 1219, <https://www.mdpi.com/2223-7747/11/9/1219>.

9. Z.H. Hamid, M. Amer, A. Wahab. Effect of arginine on growth and yield of tomato plant (*Lycopersicon esculentum*) under drought stress, *Plant Arch*, 2021, Volume 19, 4441–4444, <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&profile=ehost&scope=site&authtype=crawler&jrnl=09725210&AN=142531329&h=5pkFJaVZR1D8YtM5AzGqUZbBHtq6PqvHx62tvY18X%2FlqYm2H1Pm5Z4U9qzLMrJWXsHrfNv9%2F4Pc3H%2BW%2BJRk1IQ%3D%3D&crl=c>.

10. H.M. Kalaji, A. Rastogi, M. Zivcak, M. Brestic, A. Daszkowska-Golec, K. Sitko, K.Y. Alsharafa, R. Lotfi, P. Stypinski, I.A. Samborska, M.D. Cetner. Prompt chlorophyll fluorescence as a tool for crop phenotyping: an example of barley landraces exposed to various abiotic stress factors, *Photosynthetica*, 2018, Volume 56 (3), 953-961, <https://link.springer.com/article/10.1007/s11099-018-0766-z>.

11. H. Janeckova, A. Husickova, D. Lazar, U. Ferretti, P. Pospisil, M. Spundova. Exogenous application of cytokinin during dark senescence eliminates the acceleration of photosystem II impairment caused by chlorophyll b deficiency in barley, *Plant Physiology and Biochemistry*, 2019, Volume 136, 43-51. Doi.10.1016/j.plaphy.2019.01.005/.

12. O.V. Voitsekhovskaja, E.V. Tyutereva. Chlorophyll b in angiosperms: Functions in photosynthesis, signaling and ontogenetic regulation, *Journal of Plant Physiology*, 2015, Volume 189, 51–64. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jplph.2015.09.013>.

13. Jie He, Wenquan Yang, Lin Qin, Da-Yong Fan, Wah Soon Chow. Photoinactivation of Photosystem II in wild-type and chlorophyll b-less barley leaves: which mechanism dominates depends on experimental circumstances, *Photosynth Res*, 2015, Volume 126, 399–407, <https://link.springer.com/article/10.1007/s11120-015-0167-0>.

14. L. Ren, H. Ma, D. Chao, H. Zhang, K. Qiao, S. Feng, A. Zhou. Sep2, a light-harvesting complex-like protein, is involved in light stress response by binding to free chlorophylls. *Environmental and Experimental Botany*, 2023, Volume 213, 105429, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0098847223002241>.

15. E. A. Sharlaeva, V. Y. Chirkova, V. S. Bublik. Studying the possibility of using uv-c radiation to improve seedling qualities and increase the productivity of soft spring wheat, *AIP Conference Proceedings*, 2022, Volume 1, 2390, <https://pubs.aip.org/aip/acp/article-abstract/2390/1/030080/2820394>.

16. L. Begovic, C. V. Galic, I. Abicic, Z. Loncaric, A. Lalic, S. Mlinaric. Implications of intra-seasonal climate variations on chlorophyll a fluorescence and biomass in winter barley breeding program, *Photosynthetica*, 2020, Volume 58 (4), 995-1008, <https://ps.ueb.cas.cz/pdfs/phs/2020/04/12.pdf>, Doi: 10.32615/ps.2020.053.

17. A. Guizani, H. Askri, M. L. Amenta, R. Defez, E. Babay, C. Bianco, F. Gharb. Drought responsiveness in six wheat genotypes: identification of stress resistance indicators, *Frontiers in Plant Science*, 2023, Volume 14, 1232583, <https://www.frontiersin.org/journals/plant-science/articles/10.3389/fpls.2023.1232583/full>.

18. J. Fu, S. V. Krishna Jagadish, R. L. Bowden. Effects of post-flowering heat stress on chlorophyll content and yield components of a spring wheat diversity panel, *Crop Science*, 2022, Volume 62(5), 1926-1936, <https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/csc2.20778>.

19. V. I. Trukhachev, I. I. Seregina, S. L. Belopukhov, I. I. Dmitrevskaya, T. I. Fomina, O. A. Zharkikh, D. M. Akhmetzhanov. The effect of stressful ecological conditions on chlorophyll content in the leaves of spring wheat plants, In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2022, Volume 981(3), 032093, <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/981/3/032093/meta>.

20. A. Sevda, M. Sevinj, Z. Atif, I. Irada. Morphophysiological parameters of hard and soft wheat genotypes depending on different water supply, *Бюллетень науки и практики*, 2023, Volume

9(4), 113-120, <https://cyberleninka.ru/article/n/morphophysiological-parameters-of-hard-and-soft-wheat-genotypes-depending-on-different-water-supply>.

References

1. S. Anjum, L. Wang, M. Farooq, L. Xue, S. Ali. Fulvic acid application improves the maize performance under well-watered and drought conditions, *Crop Sci*, 2011, Volume 197, 409–417, <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1439-037X.2011.00483.x>.
2. Zhumagulov I. I., Amantaev B. O., Muhanov N. K., Kul'zhabaev E. M. (2021). Vliyanie atmosferynyh osadkov na urozhajnost' yarovoj pshehicy i yachmenya v suhostepnoj zone Severnogo Kazahstana [Tekst] / I. I. Zhumagulov, B. O. Amantaev, N. K. Muhanov, E. M. Kul'zhabaev // *Izdenister natigeler*. – 2021. – № 3 (91). – S. 28-36, <https://journal.kaznaru.edu.kz/index.php/research/article/view/49>.
3. I. Marcińska, I. Czyczyło-Mysza, E. Skrzypek, M. Filek, S. Grzesiak, M.T. Grzesiak, F. Janowiak, T. Hura, M. Dziurka, K. Dziurka. Impact of osmotic stress on physiological and biochemical characteristics in drought-susceptible and drought-resistant wheat genotypes, *Acta Physiol. Plant*, 2013, Volume 35, 451–461, <https://link.springer.com/article/10.1007/s11738-012-1088-6>.
4. A. Qayyum, S. Al Ayoubi, A. Sher, Y. Bibi, S. Ahmad, Z. Shen, M. A. Jenks. Improvement in drought tolerance in bread wheat is related to an improvement in osmolyte production, antioxidant enzyme activities, and gaseous exchange, *Saudi Journal of Biological Sciences*, 2021, Volume 28(9), 5238-5249, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1319562X21004071>.
5. A. Ullah, W. M. Al-Busaidi, A.M. Al-Sadi, M. Farooq Bread wheat genotypes accumulating free proline and phenolics can better tolerate drought stress through sustained rate of photosynthesis, *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 2021, Volume 22(1), 165-176, <https://link.springer.com/article/10.1007/s42729-021-00641-7>.
6. M.A. Shalaby, M.A. Ahmed, M.A. Khater Physiological responses of some barley cultivars to foliar treatments with arginine under water stress conditions, *Middle East J. Agric. Res*, 2018, Volume 7, 1102–1123, <https://www.curreweb.com/mejar/mejar/2018/1102-1123>.
7. M. Hasanuzzaman, K. Nahar, A. Rahman, M. Inafuku, H. Oku, M. Fujita Exogenous nitric oxide donor and arginine provide protection against short-term drought stress in wheat seedlings, *Physiol. Mol. Biol. Plants*, 2018, Volume 24, 993–1004, <https://www.curreweb.com/mejar/mejar/2018/1102-1123>.
8. H. A. Hussein, S. O. Alshammari, S. K. Kenawy, F. M. Elkady, A. A. Badawy Grain-priming with L-arginine improves the growth performance of wheat (*Triticum aestivum* L.) plants under drought stress, *Plants*, 2022, Volume 11(9), 1219, <https://www.mdpi.com/2223-7747/11/9/1219>.
9. Z.H. Hamid, M. Amer, A. Wahab. Effect of arginine on growth and yield of tomato plant (*Lycopersicon esculentum*) under drought stress, *Plant Arch*, 2021, Volume 19, 4441–4444, <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&profile=ehost&scope=site&authtype=crawler&jrnl=09725210&AN=142531329&h=5pkFJaVZR1D8YtM5AzGqUZbBHtq6Pqv6x62tvY18X%2FIqYm2H1Pm5Z4U9qzLMrJWXsHrfNv9%2F4Pc3H%2BW%2BJRk1IQ%3D%3D&crl=c>.
10. H.M. Kalaji, A. Rastogi, M. Zivcak, M. Brestic, A. Daszkowska-Golec, K. Sitko, K.Y. Alsharafa, R. Lotfi, P. Stypinski, I.A. Samborska, M.D. Cetner. Prompt chlorophyll fluorescence as a tool for crop phenotyping: an example of barley landraces exposed to various abiotic stress factors, *Photosynthetica*, 2018, Volume 56 (3), 953-961, <https://link.springer.com/article/10.1007/s11099-018-0766-z>.
11. H. Janeckova, A. Husickova, D. Lazar, U. Ferretti, P. Pospisil, M. Spundova. Exogenous application of cytokinin during dark senescence eliminates the acceleration of photosystem II impairment caused by chlorophyll b deficiency in barley, *Plant Physiology and Biochemistry*, 2019, Volume 136, 43-51. Doi.10.1016/j.plaphy.2019.01.005/.
12. O.V. Voitsekhovskaja, E.V. Tyutereva. Chlorophyll b in angiosperms: Functions in photosynthesis, signaling and ontogenetic regulation, *Journal of Plant Physiology*, 2015, Volume 189, 51–64. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jplph.2015.09.013>.

13. Jie He, Wenquan Yang, Lin Qin, Da-Yong Fan, Wah Soon Chow. Photoinactivation of Photosystem II in wild-type and chlorophyll b-less barley leaves: which mechanism dominates depends on experimental circumstances, *Photosynth Res*, 2015, Volume 126, 399–407, <https://link.springer.com/article/10.1007/s11120-015-0167-0>.
14. L. Ren, H. Ma, D. Chao, H. Zhang, K. Qiao, S. Feng, A. Zhou. Sep2, a light-harvesting complex-like protein, is involved in light stress response by binding to free chlorophylls. *Environmental and Experimental Botany*, 2023, Volume 213, 105429, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0098847223002241>.
15. E. A. Sharlaeva, V. Y. Chirkova, V. S. Bublik. Studying the possibility of using uv-c radiation to improve seedling qualities and increase the productivity of soft spring wheat, *AIP Conference Proceedings*, 2022, Volume 1, 2390, <https://pubs.aip.org/aip/acp/article-abstract/2390/1/030080/2820394>.
16. L. Begovic, C. V. Galic, I. Abicic, Z. Loncaric, A. Lalic, S. Mlinaric. Implications of intra-seasonal climate variations on chlorophyll a fluorescence and biomass in winter barley breeding program, *Rhotosynthetica*, 2020, Volume 58 (4), 995-1008, <https://ps.ueb.cas.cz/pdfs/phs/2020/04/12.pdf>, Doi: 10.32615/ps.2020.053.
17. A. Guizani, H. Askri, M. L. Amenta, R. Defez, E. Babay, C. Bianco, F. Gharb. Drought responsiveness in six wheat genotypes: identification of stress resistance indicators, *Frontiers in Plant Science*, 2023, Volume 14, 1232583, <https://www.frontiersin.org/journals/plant-science/articles/10.3389/fpls.2023.1232583/full>.
18. J. Fu, S. V. Krishna Jagadish, R. L. Bowden. Effects of post-flowering heat stress on chlorophyll content and yield components of a spring wheat diversity panel, *Crop Science*, 2022, Volume 62(5), 1926-1936, <https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/csc2.20778>.
19. V. I. Trukhachev, I. I. Seregina, S. L. Belopukhov, I. I. Dmitrevskaya, T. I. Fomina, O. A. Zharkikh, D. M. Akhmetzhanov. The effect of stressful ecological conditions on chlorophyll content in the leaves of spring wheat plants, In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2022, Volume 981(3), 032093, <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/981/3/032093/meta>.
20. A. Sevda, M. Sevinj, Z. Atif, I. Irada. Morphophysiological parameters of hard and soft wheat genotypes depending on different water supply, *Byulleten' nauki i praktiki*, 2023, Volume 9(4), 113-120, <https://cyberleninka.ru/article/n/morphophysiological-parameters-of-hard-and-soft-wheat-genotypes-depending-on-different-water-supply>.

О. О. Крадецкая*, Е. В. Мамыкин, С. М. Дашкевич, М. У. Отебаев, И. В. Чилимова
 «А.И. Бараев атындағы астық шаруашылығы ғылыми-өндірістік орталығы» ЖШС,
 Научный центр, Қазақстан, oksana_cwr@mail.ru*, mamykin_ev@mail.ru, vetka-da@mail.ru,
 chemplant@mail.ru, coronela@mail.ru

ӨСІРУ ТЕХНОЛОГИЯСЫ МЕН МИНЕРАЛДЫ ТЫҢАЙТҚЫШТАРДЫ ЕҢГІЗУДІҢ ӘСЕРІНЕН ЖҰМСАҚ БИДАЙДАҒЫ ХЛОРОФИЛЛДІҢ ЖИНАЛУЫНЫҢ ӨНІМДІЛІКKE ӘСЕРІ

Аңдатпа

Мақалада келтірілген зерттеулер минералды тыңайтқыштарды енгізуге және өсіру технологиясына байланысты өсімдіктің өсуі мен дамуының әртүрлі фазаларында жақсартылған Шортанды 95 сортының жаздық жұмсақ бидайының жасыл массасында хлорофилл мен каротиноидтардың жиналуын зерттеуге бағытталған. Өсіру технологиясын, тыңайтқыштарды, сорттарды және алдыңғы дақылдарды таңдау өсімдіктің толық дамуы үшін оңтайлы жағдайларды қамтамасыз етуі керек. Жұмсақ бидайдағы хлорофиллді зерттеу оның физиологиялық жағдайын, фотосинтез деңгейін және жоғары және сапалы өнім қалыптастыру қабілетін бағалау үшін қажет. Зерттеулер нәтижесінде А және В хлорофиллінің, сондай-ақ жұмсақ бидайдың жасыл массасындағы каротиноидтардың көпсіту фазасына және түтікке шығу фазасына құрамы анықталды. Бұл зерттеулер Ақмола облысы жағдайында өсіру технологиялары мен тыңайтқыштарды енгізу дозаларына байланысты жұмсақ бидайда

хлорофиллдің жиналуының өнімділікке әсерін анықтауға мүмкіндік береді. Зерттеу барысында P60 Af енгізумен нұсқалар анықталды. the Бу дәстүрлі егіншілік жүйесінде астық-бу ауыспалы егісінде, p80 af.+ N AA ауыспалы ауыспалы егістегі диагностика бойынша қатарларға. Дәнді-булы ауыспалы егісте өсірудің нөлдік технологиясымен P20 N20 NAF енгізумен жақсы нұсқа белгіленді. the қатарлар, P20 Af нұсқасы.+ N30 AA күзде Үстірт-жемісті ауысымда. Жаздық бидай дәнінің өнімділігі бойынша аммиак селитрасын азот-фосфор нұсқаларына енгізу әдісі мен уақытына байланысты белгіленбеген. Корреляциялық талдау ауыспалы егіс пен егіншілік жүйесіне қарамастан, А және В хлорофиллінің жалпы құрамы мен өнімділігі бойынша орташа корреляцияны 0,68 бірліктен 0,70 бірлікке дейін анықтады. каротиноидтар мен өнімділік 0,2 бірліктен 0,3 бірлікке дейін.

Кілт сөздер: тыңайтқыш дозалары, каротиноидтар, жұмсақ бидай, өңдеу технологиясы, өнімділік, хлорофилл.

O.O. Kradetskaya*, E. V. Mamykin, S.M. Dashkevich, M.U. Utebaev, I.V. Chilimova
LLP "Research and Production Center for Grain Farming. A.I. Baraeva", Kazakhstan,
Nauchny village, oksana_cwr@mail.ru*, mamykin_ev@mail.ru, vetka-da@mail.ru,
chemplant@mail.ru, coronela@mail.ru

THE EFFECT OF CHLOROPHYLL ACCUMULATION IN SOFT WHEAT ON YIELD, DEPENDING ON THE TECHNOLOGY OF CULTIVATION AND APPLICATION OF MINERAL FERTILIZERS

Abstract

The research presented in the article is aimed at studying the accumulation of chlorophyll and carotenoids in the green mass of spring soft wheat of the Shortandinskaya 95 improved variety in various phases of plant growth and development, depending on the application of mineral fertilizers and cultivation technology. The choice of cultivation technology, fertilizer application rates, varieties and previous crops should ensure optimal conditions for the full development of the plant. The study of chlorophyll in soft wheat is necessary to assess its physiological state, the level of photosynthesis and the ability to form a high and high-quality crop. As a result of the research, the content of chlorophyll a and b, as well as carotenoids in the green mass of soft wheat in the tillering phase and in the tube phase was determined. These studies will make it possible to establish the effect of chlorophyll accumulation in soft wheat on yield, depending on cultivation technologies and fertilizer application doses in the Akmola region. In the course of the research, variants with the introduction of P60 af were identified. in steam under the traditional farming system in the grain-and-steam crop rotation, P80 af.+ N aa in the ranks of diagnostics in the fruit-changing crop rotation. With zero cultivation technology in the grain-and-steam crop rotation, the best option is the introduction of P20 N20 naf. in rows, variant P20 af.+ N30 AA in autumn superficially – in the fruit-bearing area. The yield of spring wheat grains, depending on the method and time of application of ammonium nitrate in nitrogen-phosphorus variants, was not noted. Correlation analysis determined the average correlation between the total chlorophyll a and b content and yield, regardless of crop rotation and farming system, from 0.68 units to 0.70 units. A very weak correlation was obtained between carotenoids and yields from 0.2 units to 0.3 units.

Key words: fertilizer doses, carotenoids, soft wheat, cultivation technology, yield, chlorophyll.

Вклад авторов

Концептуализация – Крадецкая О.О., Дашкевич С.М.

Курирование данных - Крадецкая О.О., Дашкевич С.М., Утебаев М.У.

Формальный анализ - Крадецкая О.О., Дашкевич С.М., Утебаев М.У., Чилимова И.В.

Методология - Крадецкая О.О., Дашкевич С.М.

Ресурсы – Мамыкин Е.В.

Проверка - Крадецкая О.О., Дашкевич С.М., Утебаев М.У., Чилимова И.В.

Написание – обзор и редактирование - Крадецкая О.О., Дашкевич С.М.