УДК 633.11«324»:581.132:631.5
Код ВАК 06.01.01
DOI: 10.32417/1997-4868-2020-196-5-27-37

Влияние различных элементов технологии возделывания на содержание хлорофилла в растениях озимой пшеницы и ее урожайность

Е. О. Шестакова[1]✉, Ф. В. Ерошенко[1], И. Г. Сторчак[1], Л. Р. Оганян[1], И. В. Чернова[1]
[1] Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр, Михайловск, Россия
✉*E-mail: shestakova.e.o@yandex.ru*

Аннотация. Содержание хлорофилла – важнейший фактор, определяющий интенсивность фотосинтеза и общую биологическую продуктивность растений. Поэтому поиск механизмов, позволяющих управлять продукционным процессом, является важной задачей, решение которой позволит усовершенствовать технологические приемы выращивания сельскохозяйственных культур для получения высоких урожаев. **Цель исследования** – определить влияние различных элементов технологии возделывания на содержание хлорофилла в растениях и урожайность озимой пшеницы. **Методы.** Объектами исследований служили посевы озимой пшеницы различных сортов. Содержание хлорофилла определяли по методу Я. И. Милаевой и Н. П. Примак. Учет урожая проводили комбайновым методом. **Результаты.** Относительное содержание хлорофилла в растениях озимой пшеницы: на паровом предшественнике в среднем на 9,4 % больше, чем на колосовом; применение минеральных удобрений по пару увеличило этот показатель на 38,0 %, по пшенице – на 14,0 %; на поздних сроках сева количество зеленых пигментов в растениях в среднем больше, чем на ранних и оптимальных, на 10,5 и 4,0 % соответственно; в более загущенных посевах содержание хлорофилла в растениях ниже, чем в изреженных (на 13,0 %). Абсолютное содержание хлорофилла (г/м^2) в растениях озимой пшеницы: по пару в среднем на 45,0 % больше, чем по колосовому; применение минеральных удобрений по пару увеличило этот показатель на 73,4 %, по озимой пшенице – на 76,8 %; количество зеленых пигментов в растениях на оптимальном сроке сева в среднем выше, чем на раннем (на 29,6 %) и позднем (на 15,2 %); при оптимальной норме высева накапливается большее количество хлорофилла, чем при минимальной (на 33,4 %) и максимальной (на 24,2 %). В среднем по всем технологиям возделывания сорт Стать содержит наибольшее количество хлорофилла в растениях, а Зустрич – наименьшее. Урожайность озимой пшеницы по предшественнику пар составила 4,9 т/га, по озимой пшенице – 3,3 т/га. Применение минеральных удобрений по пару увеличило этот показатель в среднем на 44,1 %, а по колосовому предшественнику – на 55,3 %. На оптимальном сроке сева была сформирована наибольшая урожайность, и в среднем по сортам она составила 5,1 т/га. Нормы высева не оказали доказуемых различий на урожайность озимой пшеницы. Наибольшая урожайность была получена у сорта Ставка по предшественнику пар на удобренном фоне – 7,5 т/га. **Научная новизна.** Выявлены особенности влияния различных предшественников, уровня минерального питания, сроков и норм высева на содержание хлорофилла в растениях и урожайность посевов озимой пшеницы новых сортов селекции Северо-Кавказского ФНАЦ. Определена корреляционная связь между относительным и абсолютным содержанием хлорофилла в растениях озимой пшеницы и ее урожайностью для этих сортов в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края.

Ключевые слова: элементы технологии возделывания, сорт, предшественник, уровень минерального питания, сроки сева, нормы высева, содержание хлорофилла, урожайность, озимая пшеница.

Для цитирования: Шестакова Е. О., Ерошенко Ф. В., Сторчак И. Г., Оганян Л. Р., Чернова И. В. Влияние различных элементов технологии возделывания на содержание хлорофилла в растениях озимой пшеницы и ее урожайность // Аграрный вестник Урала. 2020. № 05 (196). С. 27–37. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-196-5-27-37.

Дата поступления статьи: 09.01.2020.

Постановка проблемы (Introduction)

Содержание хлорофилла является важным показателем фотосинтетической продуктивности растений, характеризующей размеры ассимиляционного аппарата [1, с. 487], [2, с. 88], [3, с. 29]. Литературные данные свидетельствуют о том, что размер и продолжительность работы ассимиляционного аппарата играют важную роль в формировании урожая, при этом существенное значение имеет активность фотосинтетических процессов [4, с. 32;], [5, с. 9], [6, с. 199]. Поиск путей повышения фотосинтетической продуктивности и механизмов, позволяющих управлять продукционным процессом, является важной задачей, решение которой позволит усовершенствовать технологические приемы выращивания сельскохозяйственных культур с целью получения стабильно высоких урожаев [7, с. 218], [8, с. 24], [9, с. 2121]. Поэтому **целью нашей работы** было определить влияние различных элементов технологии возделывания на содержание хлорофилла в растениях и урожайность озимой пшеницы.

© E. O. Shestakova, F. V. Eroshenko, I. G. Storchak, L. R. Oganyan, I. V. Chernova, 2020

Методология и методы исследования (Methods)

Работа выполнялась с 2015 по 2018 годы на опытном поле ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ» в г. Михайловске Ставропольского края, расположенном в зоне неустойчивого увлажнения.

Годовая сумма осадков в 2015/2016 сельскохозяйственном году составила 636 мм, в 2016/2017 гг. – 656 мм, 2017/2018 гг. – 515 мм при среднемноголетней норме 553–636 мм. Температурный режим в 2015/2016 и 2017/2018 гг. был выше среднемноголетних значений на 2,3 °С и 1,9 °С соответственно, а в 2016/2017 г. он был близок к норме и составил 9,5 °С.

Объектом исследования являлись новые высокопродуктивные сорта озимой мягкой пшеницы селекции ФГБНУ «Северо-Кавказского ФНАЦ»: Зустрич (ст.), Арсенал, Ставка, Стать. Площадь опытных делянок – 25 м^2. Повторность – трехкратная. Предшественники: черный пар, озимая пшеница. Сроки сева: ранний (15–20 сентября), оптимальный (30 сентября – 5 октября), поздний (15–20 октября). Нормы высева: 4, 5, 6 млн/га. Фоны минерального питания: контроль (без удобрений) и удобренный ($N_{60}P_{60}K_{60}$ (нитроаммофоска) перед посевом и N_{30} (аммиачная селитра) ранней весной).

Почва опытного поля представлена черноземом обыкновенным среднемощным малогумусным тяжелосуглинистым. В слое 0–20 см по предшественнику черный пар содержание азота (по Грандваля – Ляжу) составляет 10,4 мг/кг, по озимой пшенице – 5,5 мг/кг; количество фосфора (по Мачигину) в почве составляет 31 и 23 мг/кг, а калия – 310 и 236 мг/кг на предшественниках пар и озимая пшеница соответственно.

Постановку полевого опыта выполняли по методике Б. А. Доспехова, содержание хлорофилла определяли в фазу колошения по методике, описанной в работах Ф. В. Ерошенко и Н. В. Дуденко [14, с. 351], [15, с. 119–132]. Хлорофилл извлекался из ткани органов; навески (25 мг); экстракция пигментов проводилась в сушильном шкафу при температуре +40 °С в течение 24 часов; оптическую плотность спиртовой вытяжки измеряли на спектрофотометре SPECOL-11 фирмы Carl Zeiss Jena. Для расчета концентрации пигментов пользовались системой уравнений Винтерманса и Де Мотса. Изучали содержание хлорофилла (*a* + *b*) в растениях (относительное – содержание в 1 г сухой биомассы органа растения) и посеве (абсолютное – содержание хлорофилла в органах растений на 1 м^2 посева).

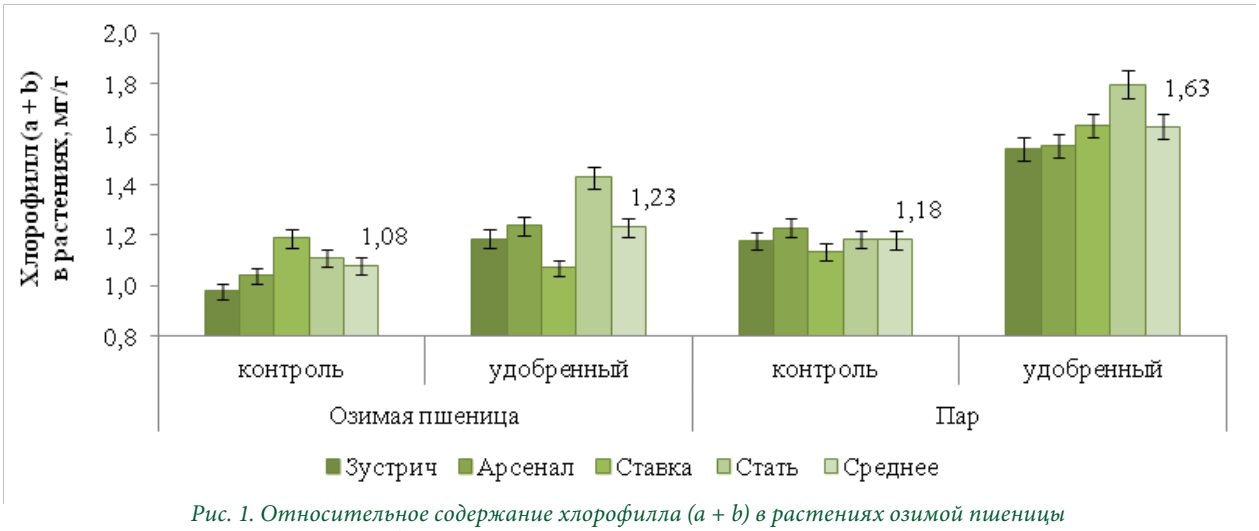

Рис. 1. Относительное содержание хлорофилла (a + b) в растениях озимой пшеницы в зависимости от предшественника и уровня минерального питания (2015–2018 гг.), мг/г

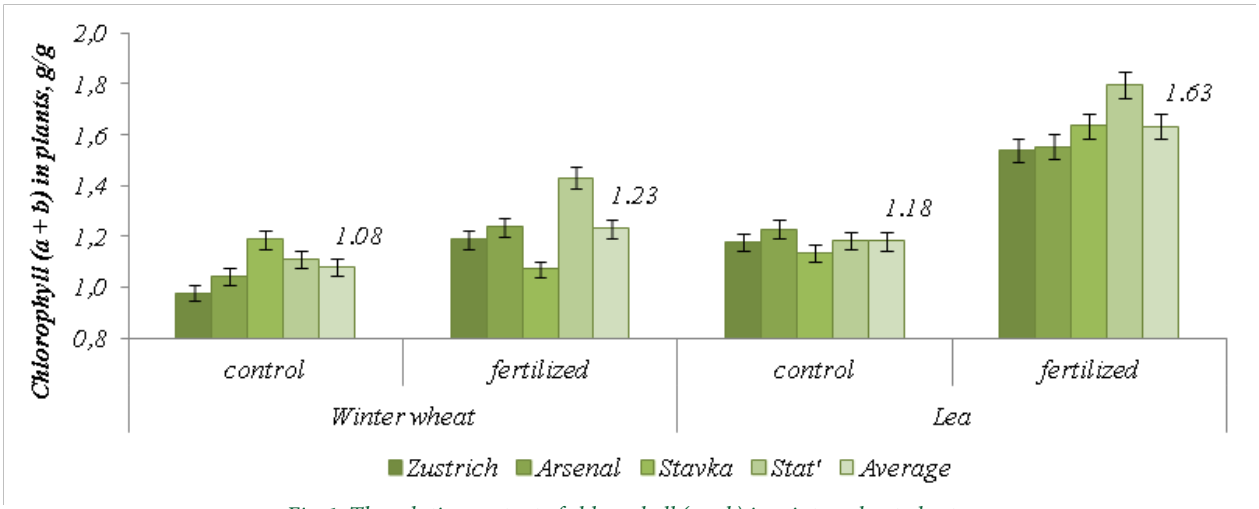

Fig. 1. The relative content of chlorophyll (a + b) in winter wheat plants, depending on the precursor and the level of mineral nutrition (2015–2018), mg/g

© Е. О. Шестакова, Ф. В. Ерошенко, И. Г. Сторчак, Л. Р. Оганян, И. В. Чернова, 2020

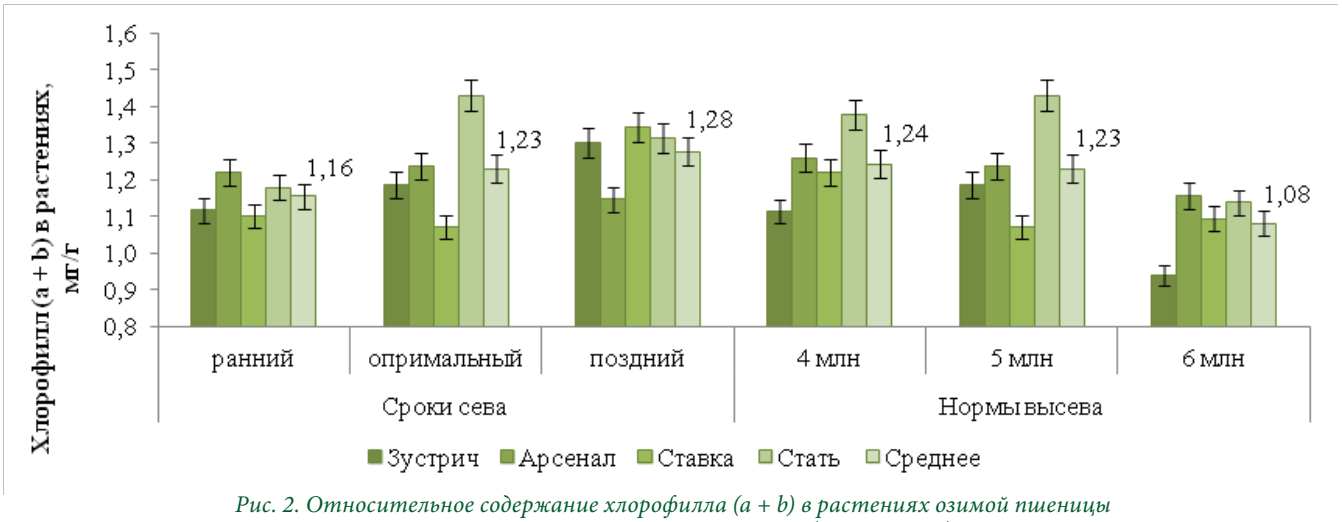

Рис. 2. Относительное содержание хлорофилла (a + b) в растениях озимой пшеницы в зависимости от сроков сева и норм высева (2015–2018 гг.), мг/г

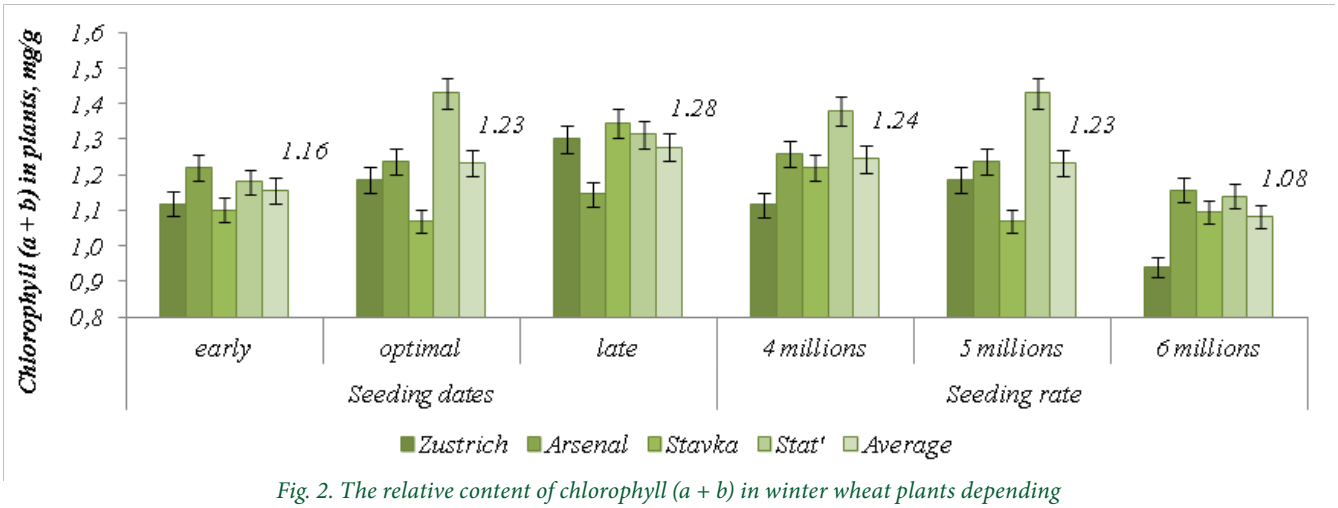

Fig. 2. The relative content of chlorophyll (a + b) in winter wheat plants depending on the timing of sowing and seeding rates (2015–2018), mg/g

Учет урожая проводили комбайновым методом (учетная площадь каждой делянки не менее 20 м^2).

Математическую обработку полученных данных проводили на персональном компьютере с помощью пакета программ Microsoft Office 2010.

Результаты (Results)

При изучении влияния предшественника и уровня минерального питания на особенности содержания хлорофилла в растениях озимой пшеницы было установлено, что в среднем за 2015–2018 гг. на удобренном фоне по предшественнику озимая пшеница отмечается увеличение относительного количества зеленых пигментов (мг/г) у сортов Зустрич, Арсенал и Стать по сравнению с неудобренным фоном на 21,3, 18,7 и 28,6 % соответственно (рис. 1). У сорта Ставка наблюдается противоположная закономерность, что связанно с «ростовым разбавлением», т. е. при применении минеральных удобрений у растений этого сорта в первую очередь происходит увеличение биомассы. По предшественнику пар на удобренном фоне наблюдается увеличение содержания хлорофилла у всех изучаемых сортов. Здесь максимальное значение относительного содержания хлорофилла в растениях отмечается у сорта Стать – 1,80 мг/г, что выше на 51,8 %, чем на контрольном варианте.

В среднем по сортам за годы исследований относительное содержание хлорофилла в растениях озимой пшеницы по паровому предшественнику составило 1,18 мг/г, что на 9,4 % больше, чем по колосовому (рис. 1). Улучшение условий минерального питания по предшественнику пар способствовало увеличению содержания зеленых пигментов на 38,0 %, а по предшественнику озимая пшеница на 14,0 %.

Изучение влияния сроков сева на относительное содержание хлорофилла в растениях озимой пшеницы показало, что в среднем по сортам этот показатель больше на позднем сроке сева, чем на раннем и оптимальном, на 10,5 и 4,0 % соответственно (рис. 2). Например, у сорта Зустрич на раннем сроке сева относительное содержание хлорофилла составляет 1,12 мг/г, а на позднем сроке – 1,30 мг/г, что больше на 16,3 %.

При изучении влияния норм высева на относительное содержание хлорофилла в растениях озимой пшеницы было установлено, что в среднем по сортам при пониженной и оптимальной нормах высева этот показатель был равен 1,24 и 1,23 мг/г соответственно, что выше, чем при пониженной, на 14,9 % (рис. 2). Например, у сорта Ставка содержание хлорофилла при 4 млн/га составило 1,22 мг/г, а при 6 млн/га – на 11,5 % меньше. У сорта Стать максимальное содержание зеленых пигментов отмечено при 5 млн/га – 1,43 мг/г, что выше, чем при 6 млн, на 25,5 %.

Изучение влияния технологических приемов выращивания на относительное содержание хлорофилла (*a* + *b*) в органах растений озимой пшеницы показало, что в листьях наибольшие его количество отмечается у сорта Арсенал: на удобренном фоне по предшественнику озимая пшеница – 4,36 мг/г, на раннем и оптимальном сроках сева – 4,26 и 4,36 мг/г, а при нормах 4 и 5 млн/га – 4,49 и 4,36 мг/г соответственно (таблица 1). Наименьшее содержание хлорофилла в листьях по сравнению с другими сортами отмечается по паровому предшественнику на удобренном и контрольном вариантах – 4,13 и 4,73 мг/г соответственно. У сорта Зустрич максимум выявлен на контрольном варианте по предшественнику пар – 4,29 мг/г, минимум – на удобренном колосовом предшественнике – 3,16 мг/г,

Таблица 1

Относительное содержание хлорофилла (*a* + *b*) в органах растений озимой пшеницы в зависимости от различных элементов технологии возделывания (2015–2018 гг.), мг/г

Сорт	Предшественник				Сроки сева			Нормы высева		
	Озимая пшеница		Пар							
	Контроль	Удобренный	Контроль	Удобренный	Ранний	Оптимальный	Поздний	4 млн	5 млн	6 млн
Лист										
Зустрич	3,16	3,81	4,29	4,93	3,87	3,81	3,89	4,01	3,81	3,31
Арсенал	3,47	4,36	4,13	4,73	4,26	4,36	3,97	4,59	4,36	3,91
Ставка	3,27	3,74	4,23	5,07	3,85	3,74	4,62	3,97	3,74	3,82
Стать	3,62	4,23	4,21	5,43	3,46	4,23	4,32	4,44	4,23	4,03
Среднее	**3,38**	**4,04**	**4,21**	**5,04**	**3,86**	**4,04**	**4,20**	**4,25**	**4,04**	**3,77**
Стебель										
Зустрич	0,57	0,71	0,66	0,90	0,79	0,71	0,89	0,57	0,71	0,59
Арсенал	0,67	0,68	0,72	0,91	0,79	0,68	0,79	0,66	0,68	0,59
Ставка	0,65	0,62	0,71	0,96	0,73	0,62	0,91	0,69	0,62	0,61
Стать	0,73	0,99	0,77	1,21	0,78	0,99	0,83	0,80	0,99	0,70
Среднее	**0,66**	**0,75**	**0,71**	**0,99**	**0,77**	**0,75**	**0,86**	**0,68**	**0,75**	**0,62**
Колос										
Зустрич	0,75	0,80	0,88	0,94	0,70	0,80	0,82	0,62	0,80	0,64
Арсенал	0,66	0,64	0,80	0,86	0,63	0,64	0,76	0,56	0,64	0,61
Ставка	0,56	0,59	0,67	0,81	0,60	0,59	0,69	0,58	0,59	0,42
Стать	0,75	0,82	0,88	0,99	0,74	0,82	0,69	0,65	0,82	0,65
Среднее	**0,68**	**0,71**	**0,81**	**0,90**	**0,67**	**0,71**	**0,74**	**0,60**	**0,71**	**0,58**

Table 1

Relative chlorophyll (a + b) content in winter wheat plant organs depending on different elements of cultivation technology (2015–2018), mg/g

Variety	*Predecessor*				*Seeding dates*			*Seeding rate*		
	Winter wheat		*Lea*							
	Control	*Fertilized*	*Control*	*Fertilized*	*Early*	*Optimal*	*Late*	*4 mln*	*5 mln*	*6 mln*
Leaf										
Zustrich	*3.16*	*3.81*	*4.29*	*4.93*	*3.87*	*3.81*	*3.89*	*4.01*	*3.81*	*3.31*
Arsenal	*3.47*	*4.36*	*4.13*	*4.73*	*4.26*	*4.36*	*3.97*	*4.59*	*4.36*	*3.91*
Stavka	*3.27*	*3.74*	*4.23*	*5.07*	*3.85*	*3.74*	*4.62*	*3.97*	*3.74*	*3.82*
Stat'	*3.62*	*4.23*	*4.21*	*5.43*	*3.46*	*4.23*	*4.32*	*4.44*	*4.23*	*4.03*
Average	***3.38***	***4.04***	***4.21***	***5.04***	***3.86***	***4.04***	***4.20***	***4.25***	***4.04***	***3.77***
Stem										
Zustrich	*0.57*	*0.71*	*0.66*	*0.90*	*0.79*	*0.71*	*0.89*	*0.57*	*0.71*	*0.59*
Arsenal	*0.67*	*0.68*	*0.72*	*0.91*	*0.79*	*0.68*	*0.79*	*0.66*	*0.68*	*0.59*
Stavka	*0.65*	*0.62*	*0.71*	*0.96*	*0.73*	*0.62*	*0.91*	*0.69*	*0.62*	*0.61*
Stat'	*0.73*	*0.99*	*0.77*	*1.21*	*0.78*	*0.99*	*0.83*	*0.80*	*0.99*	*0.70*
Average	***0.66***	***0.75***	***0.71***	***0.99***	***0.77***	***0.75***	***0.86***	***0.68***	***0.75***	***0.62***
Ear										
Zustrich	*0.75*	*0.80*	*0.88*	*0.94*	*0.70*	*0.80*	*0.82*	*0.62*	*0.80*	*0.64*
Arsenal	*0.66*	*0.64*	*0.80*	*0.86*	*0.63*	*0.64*	*0.76*	*0.56*	*0.64*	*0.61*
Stavka	*0.56*	*0.59*	*0.67*	*0.81*	*0.60*	*0.59*	*0.69*	*0.58*	*0.59*	*0.42*
Stat'	*0.75*	*0.82*	*0.88*	*0.99*	*0.74*	*0.82*	*0.69*	*0.65*	*0.82*	*0.65*
Average	***0.68***	***0.71***	***0.81***	***0.90***	***0.67***	***0.71***	***0.74***	***0.60***	***0.71***	***0.58***

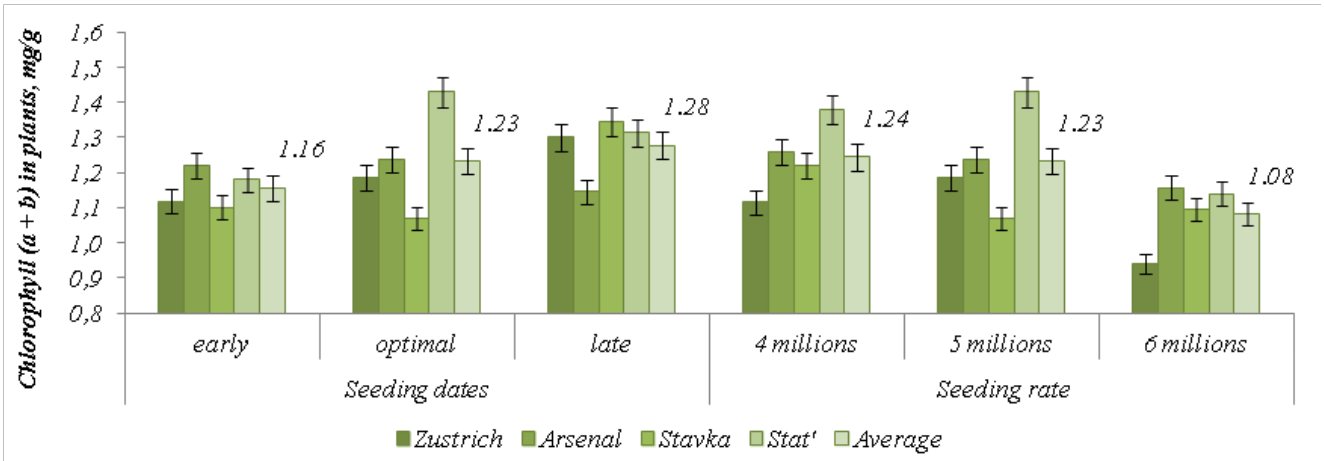

Рис. 3. Содержание хлорофилла (a + b) в посевах озимой пшеницы в зависимости от предшественника и уровня минерального питания (2015–2018 гг.), г/м²

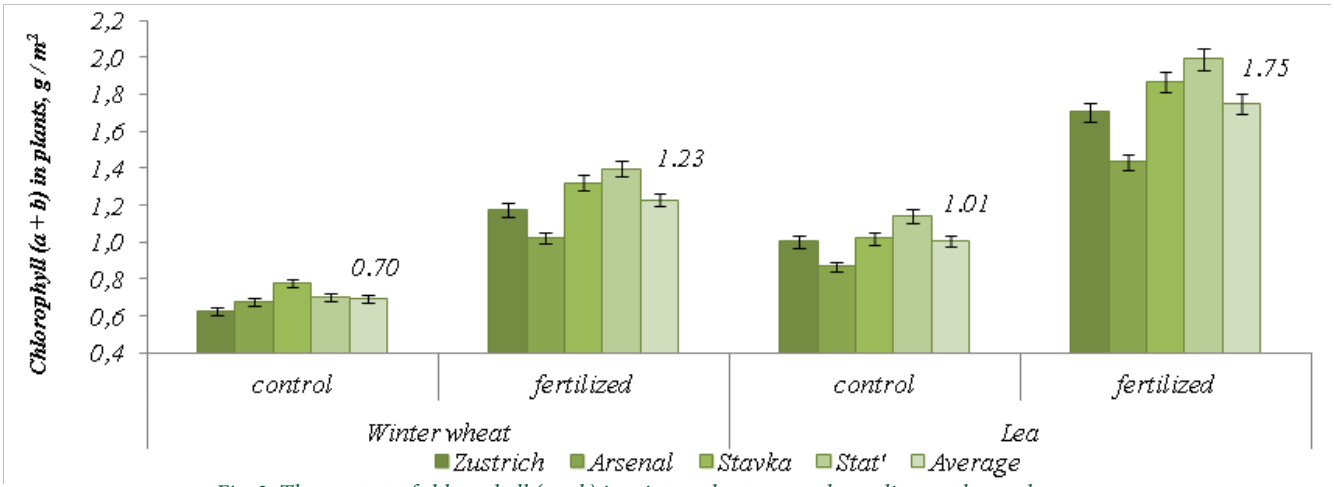

Fig. 3. The content of chlorophyll (a + b) in winter wheat crops, depending on the predecessor and the level of mineral nutrition (2015–2018), g/m²

а также при наибольшей норме высева (3,31 мг/г) и позднем сроке сева (3,89 мг/г). В стеблях и колосьях максимальные значения относительного содержания хлорофилла наблюдаются у сорта Стать по всем изученным элементам технологии возделывания, кроме позднего срока сева.

Нами было изучено влияние различных элементов технологии возделывания на абсолютное содержание хлорофилла (г/м²) в посевах озимой пшеницы. Так, в среднем по сортам за 2015–2018 гг. значение этого показателя по предшественнику пар составило 1,01 г/м², что на 45,0 % больше, чем по предшественнику озимая пшеница (рис. 3). Применение минеральных удобрений на колосовом предшественнике способствовало повышению абсолютного содержания хлорофилла в среднем по сортам на 76,8 %. Так, у сорта Стать отмечается его максимальное значение по сравнению с другими сортами по предшественнику озимая пшеница на удобренном варианте – 1,40 г/м², что больше, чем на контрольном варианте, на 99,5 %. Минимум на этом же варианте у сорта Арсенал – 1,02 г/м², что выше, чем на контроле, на 51,6 %. По предшественнику пар наблюдается такая же закономерность, как и по озимой пшенице: на удобренном фоне в среднем по всем сортам наблюдается увеличение содержания хлорофилла в посевах озимой пшеницы на 73,4 %. На этом варианте максимум также наблюдается у сорта Стать – 1,99 г/м², что больше, чем на контрольном варианте, на 74,3 %.

При изучении влияния сроков сева на абсолютное содержание хлорофилла в посевах озимой пшеницы установлено, что его значение при оптимальном сроке в среднем выше, чем при раннем и позднем, на 29,6 и 15,2 % соответственно (рис. 4).

Нами были выявлены сортовые особенности содержания зеленых пигментов на 1 м² в зависимости от разных сроков сева. Например, на раннем сроке сева у сорта Арсенал наблюдается максимальное их количество – 1,08 г/м², что больше, чем на оптимальном и позднем, на 5,2 и 47,4 % соответственно. На оптимальном и позднем сроках наибольшее содержание хлорофилла отмечаются у сортов Ставка и Стать.

Изучение влияния норм высева на абсолютное содержание хлорофилла в посевах показало, что его наибольшее количество накапливается при оптимальной норме и составляет в среднем по сортам – 1,23 г/м², что больше чем при минимальной и максимальной норме на 33,4 и 24,2 % соответственно (рис. 4). Так, у сорта Стать максимум содержания хлорофилла наблюдается при 5 млн всхожих семян на гектар – 1,40 г/м², что выше, чем при 4 и 6 млн, на 40,7 и 18,0 % соответственно.

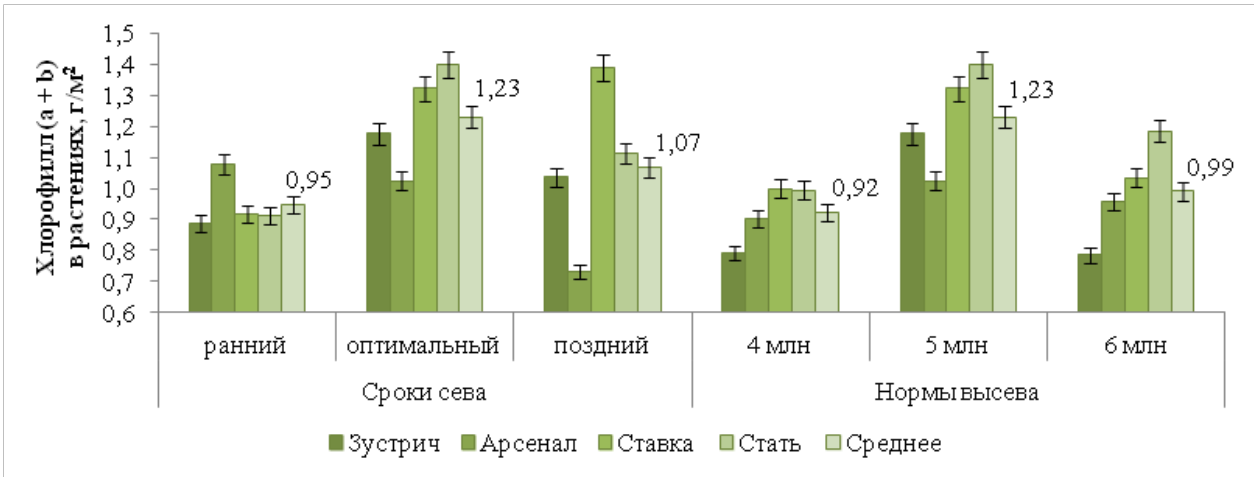

Рис. 4. Содержание хлорофилла (a + b) в посевах озимой пшеницы в зависимости от сроков сева и норм высева (2015–2018 гг.), г/м²

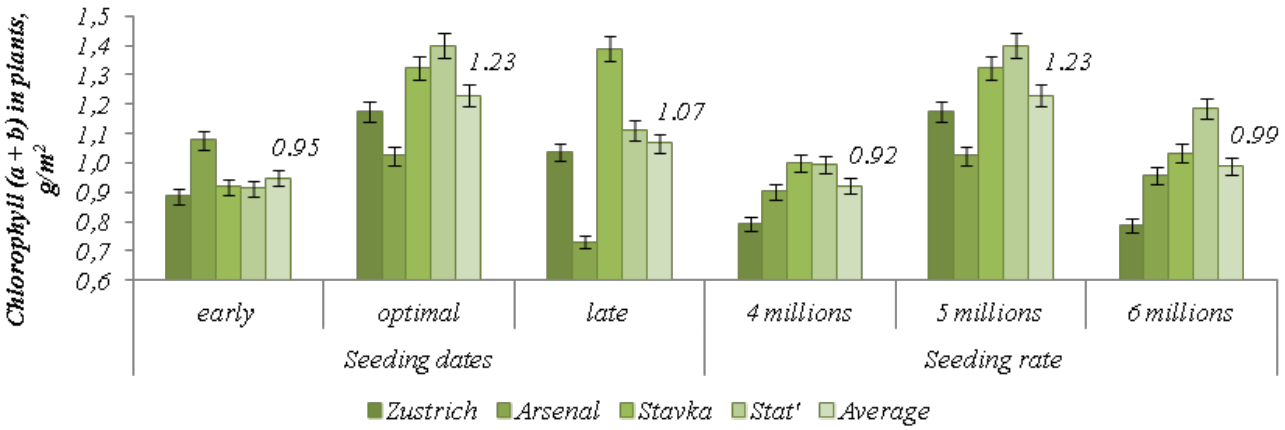

Fig. 4. Chlorophyll content (a + b) in winter wheat crops depending on sowing dates and seeding rates (2015–2018), g/m²

Данные по изучению влияния технологических приемов выращивания на количество зеленых пигментов на 1 м² посева в органах растений озимой пшеницы показали, что у сорта Ставка в листьях наблюдаются наибольшие значения содержания хлорофилла по всем технологиям возделывания, кроме раннего срока сева и пониженной нормы высева, здесь максимум отмечен у сортов Арсенал (0,51 г/м²) и Стать (0,63 г/м²) соответственно (таблица 2). Минимум абсолютного содержания хлорофилла в листьях наблюдается у сорта Зустрич по колосовому предшественнику на удобренном (0,29 г/м²) и контрольном (0,56 г/м²) вариантах, раннем (0,36 г/м²) и оптимальном (0,56 г/м²) сроках сева и по всем нормам высева (4, 5 и 6 млн/га – 0,43, 0,56 и 0,33 г/м² соответственно). В стеблях наибольшие значения отмечены у сорта Стать по всем изученным технологическим приемам возделывания, кроме раннего и позднего сроков сева. В колосьях максимальные значения этого показателя по всем вариантам получены у сорта Зустрич, кроме нормы в 4 млн всхожих семян на 1 га: здесь отмечается минимум по сравнению с другими сортами (0,10 г/м²).

Результатом фотосинтетической деятельности посевов озимой пшеницы является урожайность (таблица 3). Так, за 2015–2018 гг. в среднем по сортам урожайность озимой пшеницы на предшественнике пар составила 4,9 т/га, а на предшественнике озимая пшеница – 3,3 т/га. Применение минеральных удобрений по паровому предшественнику способствовало увеличению урожайности в среднем на 44,1 %, по колосовому – на 55,3 %.

В наших опытах выявлены сортовые закономерности формирования урожая в зависимости от предшественника и фона минерального питания. Так, наибольшая урожайность по предшественнику пар на удобренном фоне отмечена у сорта Ставка (7,5 т/га), на контрольном варианте – у сорта Арсенал (5,3 т/га). По предшественнику озимая пшеница на удобренном фоне максимальная урожайность была сформирована также у сорта Арсенал (5,3 т/га), а на контрольном варианте – у сортов Зустрич (3,4 т/га).

Изучение влияния сроков сева на урожайность озимой пшеницы показало, что в среднем за годы исследований наибольшая урожайность была сформирована на оптимальном сроке, и в среднем по сортам она составила 5,1 т/га, что больше, чем на раннем и позднем, на 5,3 и 9,1 % соответственно. Максимальные различия по урожайности на различных сроках сева наблюдались у сорта Зустрич. Так, при оптимальном сроке сева была сформирована наибольшая урожайность – 4,9 т/га, что больше, чем на раннем и позднем сроках, на 11,6 и 19,1 % соответственно. Минимальные отличия по урожайности на различных сроках сева отмечались у сорта Стать.

Исследования показали, что в среднем по сортам за годы исследований нормы высева 4, 5 и 6 млн всхожих

Таблица 2

Абсолютное содержание хлорофилла (*a* + *b*) в органах растений озимой пшеницы в зависимости от различных элементов технологии возделывания (2015–2018 гг.), г/м²

Сорт	Предшественник				Сроки сева			Нормы высева		
	Озимая пшеница		Пар							
	Контроль	Удобренный	Контроль	Удобренный	Ранний	Оптимальный	Поздний	4 млн	5 млн	6 млн
Лист										
Зустрич	0,29	0,56	0,46	0,87	0,36	0,56	0,46	0,43	0,56	0,33
Арсенал	0,30	0,56	0,42	0,75	0,51	0,56	0,29	0,56	0,56	0,50
Ставка	0,42	0,67	0,49	1,02	0,42	0,67	0,61	0,56	0,67	0,56
Стать	0,29	0,61	0,49	0,93	0,39	0,61	0,54	0,63	0,61	0,47
Среднее	**0,32**	**0,60**	**0,46**	**0,89**	**0,42**	**0,60**	**0,47**	**0,54**	**0,60**	**0,46**
Стебель										
Зустрич	0,22	0,44	0,36	0,60	0,38	0,44	0,42	0,26	0,44	0,34
Арсенал	0,29	0,35	0,34	0,49	0,44	0,35	0,32	0,29	0,35	0,30
Ставка	0,27	0,50	0,43	0,70	0,39	0,50	0,65	0,33	0,50	0,37
Стать	0,32	0,62	0,50	0,85	0,39	0,62	0,45	0,43	0,62	0,41
Среднее	**0,27**	**0,48**	**0,41**	**0,66**	**0,40**	**0,48**	**0,46**	**0,33**	**0,48**	**0,36**
Колос										
Зустрич	0,12	0,18	0,18	0,24	0,15	0,18	0,16	0,10	0,18	0,12
Арсенал	0,09	0,12	0,11	0,19	0,13	0,12	0,12	0,11	0,12	0,10
Ставка	0,09	0,15	0,09	0,15	0,11	0,15	0,13	0,15	0,15	0,07
Стать	0,09	0,17	0,15	0,21	0,13	0,17	0,13	0,12	0,17	0,12
Среднее	**0,10**	**0,15**	**0,14**	**0,20**	**0,13**	**0,15**	**0,13**	**0,12**	**0,15**	**0,10**

Table 2

Absolute chlorophyll (a + b) content in winter wheat plant organs depending on different elements of cultivation technology (2015–2018), g/m²

Variety	*Predecessor*				*Seeding dates*			*Seeding rate*		
	Winter wheat		*Lea*							
	Control	*Fertilized*	*Control*	*Fertilized*	*Early*	*Optimal*	*Late*	*4 mln*	*5 mln*	*6 mln*
Leaf										
Zustrich	*0.29*	*0.56*	*0.46*	*0.87*	*0.36*	*0.56*	*0.46*	*0.43*	*0.56*	*0.33*
Arsenal	*0.30*	*0.56*	*0.42*	*0.75*	*0.51*	*0.56*	*0.29*	*0.56*	*0.56*	*0.50*
Stavka	*0.42*	*0.67*	*0.49*	*1.02*	*0.42*	*0.67*	*0.61*	*0.56*	*0.67*	*0.56*
Stat'	*0.29*	*0.61*	*0.49*	*0.93*	*0.39*	*0.61*	*0.54*	*0.63*	*0.61*	*0.47*
Average	***0.32***	***0.60***	***0.46***	***0.89***	***0.42***	***0.60***	***0.47***	***0.54***	***0.60***	***0.46***
Stem										
Zustrich	*0.22*	*0.44*	*0.36*	*0.60*	*0.38*	*0.44*	*0.42*	*0.26*	*0.44*	*0.34*
Arsenal	*0.29*	*0.35*	*0.34*	*0.49*	*0.44*	*0.35*	*0.32*	*0.29*	*0.35*	*0.30*
Stavka	*0.27*	*0.50*	*0.43*	*0.70*	*0.39*	*0.50*	*0.65*	*0.33*	*0.50*	*0.37*
Stat'	*0.32*	*0.62*	*0.50*	*0.85*	*0.39*	*0.62*	*0.45*	*0.43*	*0.62*	*0.41*
Average	***0.27***	***0.48***	***0.41***	***0.66***	***0.40***	***0.48***	***0.46***	***0.33***	***0.48***	***0.36***
Ear										
Zustrich	*0.12*	*0.18*	*0.18*	*0.24*	*0.15*	*0.18*	*0.16*	*0.10*	*0.18*	*0.12*
Arsenal	*0.09*	*0.12*	*0.11*	*0.19*	*0.13*	*0.12*	*0.12*	*0.11*	*0.12*	*0.10*
Stavka	*0.09*	*0.15*	*0.09*	*0.15*	*0.11*	*0.15*	*0.13*	*0.15*	*0.15*	*0.07*
Stat'	*0.09*	*0.17*	*0.15*	*0.21*	*0.13*	*0.17*	*0.13*	*0.12*	*0.17*	*0.12*
Average	***0.10***	***0.15***	***0.14***	***0.20***	***0.13***	***0.15***	***0.13***	***0.12***	***0.15***	***0.10***

семян на 1 га не оказали доказуемых различий на урожайность озимой пшеницы. Однако можно отметить особенности формирования урожая у сорта Арсенал. Так, максимальная урожайность (5,7 т/га) была получена на варианте с нормой высева 4 млн всхожих семян на гектар, что выше, чем при 5 и 6 млн, на 7,8 и 4,0 % соответственно. У остальных испытуемых сортов существенных различий в урожайности при разных нормах высева не отмечалось.

На основе полученных данных, была установлена корреляционная связь между содержанием хлорофилла в растениях (мг/г) и посевах (г/м²) озимой пшеницы с урожайностью. Так, в среднем за годы исследований эти значения составили 0,62 и 0,72. Таким образом, в наших опытах была выявлена связь между содержанием хлорофилла и урожайностью озимой пшеницы.

Таблица 3

Урожайность озимой пшеницы различных сортов селекции Северо-Кавказского федерального научного аграрного центра (2015–2018 гг.), т/га

Сорт	Предшественник				Сроки сева			Нормы высева		
	Озимая пшеница		Пар							
	Контроль	Удобренный	Контроль	Удобренный	Ранний	Оптимальный	Поздний	4 млн	5 млн	6 млн
Зустрич	3,4	4,9	4,7	6,9	4,4	4,9	4,1	5,3	5,2	5,3
Арсенал	3,3	5,3	5,3	7,1	5,3	5,3	4,9	5,7	5,3	5,5
Ставка	3,2	5,2	5,1	7,5	4,7	5,2	4,9	5,2	5,2	5,1
Стать	3,1	4,8	4,7	7,0	4,8	4,8	4,6	4,7	4,8	4,8
Среднее	**3,3**	**5,1**	**4,9**	**7,1**	**4,8**	**5,1**	**4,6**	**5,2**	**5,1**	**5,2**
$НСР_{0,05}$	*1,7*	*2,3*	*2,6*	*3,4*	*2,2*	*2,3*	*2,1*	*2,3*	*2,3*	*2,3*

Table 3

Productivity of winter wheat of various varieties of selection of North Caucasian federal scientific agrarian center (2015–2018), t/ha

Variety	*Predecessor*				*Seeding dates*			*Seeding rate*		
	Winter wheat		*Lea*							
	Control	*Fertilized*	*Control*	*Fertilized*	*Early*	*Optimal*	*Late*	*4 mln*	*5 mln*	*6 mln*
Leaf										
Zustrich	*3.4*	*4.9*	*4.7*	*6.9*	*4.4*	*4.9*	*4.1*	*5.3*	*5.2*	*5.3*
Arsenal	*3.3*	*5.3*	*5.3*	*7.1*	*5.3*	*5.3*	*4.9*	*5.7*	*5.3*	*5.5*
Stavka	*3.2*	*5.2*	*5.1*	*7.5*	*4.7*	*5.2*	*4.9*	*5.2*	*5.2*	*5.1*
Stat'	*3.1*	*4.8*	*4.7*	*7.0*	*4.8*	*4.8*	*4.6*	*4.7*	*4.8*	*4.8*
Average	***3.3***	***5.1***	***4.9***	***7.1***	***4.8***	***5.1***	***4.6***	***5.2***	***5.1***	***5.2***
$NDP_{0,05}$	*1.7*	*2.3*	*2.6*	*3.4*	*2.2*	*2.3*	*2.1*	*2.3*	*2.3*	*2.3*

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

1. Относительное содержание хлорофилла (мг/г) в растениях озимой пшеницы на паровом предшественнике в среднем на 9,4 % больше, чем на колосовом. Улучшение условий минерального питания на предшественнике пар способствует увеличению этого показателя на 38,0 %, а на предшественнике озимая пшеница – на 14,0 %. Количество зеленых пигментов в растениях на поздних сроках сева в среднем больше, чем на ранних и оптимальных, на 10,5 и 4,0 % соответственно. В более загущенных посевах содержание хлорофилла в растениях ниже, чем в изреженных (на 13,0 %). В среднем по всем технологиям возделывания сорт Стать характеризуется наибольшим количеством хлорофилла в растениях (1,34 мг/г), а Зустрич – наименьшим (1,17 мг/г).

2. Абсолютное содержание хлорофилла (г/м^2) в растениях озимой пшеницы на предшественнике пар в среднем на 45,0 % больше, чем на предшественнике озимая пшеница. Улучшение условий минерального питания по паровому предшественнику способствует увеличению этого показателя на 73,4 %, а по колосовому – на 76,8 %. Количество зеленых пигментов в растениях на оптимальном сроке сева в среднем выше, чем на раннем и позднем, на 29,6 и 15,2 % соответственно. При оптимальной норме высева в среднем по сортам накапливается большее количество хлорофилла, чем при минимальной и максимальной, на 33,4 и 24,2 % соответственно. В среднем по всем изученным технологическим приемам возделывания сорт Стать характеризуется наибольшим количеством хлорофилла в растениях в колошение (1,22 г/м^2), а Зустрич – наименьшим (0,79 г/м^2).

3. Урожайность озимой пшеницы по предшественнику пар составила 4,9 т/га, а по озимой пшенице – 3,3 т/га. Применение минеральных удобрений по паровому предшественнику увеличило этот показатель на 44,1 %, по колосовому – на 55,3 %. Наибольшая урожайность была сформирована у сорта Ставка по предшественнику пар на удобренном фоне – 7,5 т/га. На оптимальном сроке сева в среднем по сортам урожайность составила 5,1 т/га, что больше, чем на раннем и позднем, на 5,3 и 9,1 % соответственно. Нормы высева 4, 5 и 6 млн всхожих семян на гектар не оказали доказуемых различий на урожайность озимой пшеницы.

4. Корреляционная связь между значениями содержания хлорофилла в растениях (мг/г) и посевах (г/м^2) озимой пшеницы с урожайностью составила 0,62 и 0,72.

Библиографический список

1. Шестакова Е. О., Оганян Л. Р., Чернова И. В., Бильдиева Е. А. Влияние сорта, предшественника, уровня минерального питания, сроков и норм высева на относительное содержание хлорофилла в растениях озимой пшеницы // Новости науки в АПК. 2019. № 3 (12). С. 487–490.

2. Зборовская О. В., Прядкина Г. А., Оксем В. П. Зависимость хлорофиллного индекса посевов высокопродуктивных сортов озимой пшеницы от условий выращивания и его связь с продуктивностью // Земледелие и селекция в Беларуси. 2016. № 52. С. 88–95.

3. Лиховидова В. А., Ионова Е. В., Газе В. Л., Марченко Д. М. Засухоустойчивость образцов озимой мягкой пшеницы в начальную фазу органогенеза и изменение площади листьев и содержания хлорофилла растений в условиях водного стресса // Зерновое хозяйство России. 2018. № 5 (59). С. 29–31.
4. Прядкина Г. А., Стасик О. О., Михальская Л. Н., Швартау В. В. Связь между величиной хлорофиллного фотосинтетического потенциала и урожайностью озимой пшеницы (Triticum aestivum L.) при повышенных температурах // Сельскохозяйственная биология. 2014. Т. 49. № 5. С. 88–95.
5. Рашидов К. А., Муминджонов Х. А., Джаборов Т. Д., Шарипов Н. С. Фотосинтетический потенциал и чистая продуктивность фотосинтеза посевов пшеницы в зависимости от технологии выращивания // Кишоварз. 2015. № 1. С. 9–11.
6. Хашагульгов У. А., Хашагульгова М. А., Гетоков О. О., Кашукоев М. В. Фотосинтетическая деятельность и элементы продуктивности озимой пшеницы в зависимости от предшественников // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2017. № 69. С. 199–206.
7. Амелин А. В., Чекалин Е. И., Заикин В. В., Кулешова И. В., Мазалов В. И., Сагин А. В. Генотипические особенности проявления фотоактивности листьями озимой пшеницы // Успехи современного естествознания. 2018. № 11. С. 18–23.
8. Sid'ko A. F., Botvich I. Yu., Pis'man T. I., Shevyrnogov A. P. Estimation of chlorophyll content and yield of wheat crops from reflectance spectra obtained by ground-based remote measurements // Field Crops Research. 2017. T. 207. Pp. 24–29. DOI: 10.1016/j.fcr.2016.10.023.
9. Eroshenko F. V., Simatin T. V., Godunova E. I., Dridiger V. K., Storchak I. G. Using physiologically active substances into the technology for winter wheat cultivation in the zone of unstable moistening of the Stavropol region // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2018. T. 9. No. 5. Pp. 2121–2128. DOI: 10.25930/gwmr-ad54.
10. Лупян Е. А., Барталев С. А., Крашенинникова Ю. С., Плотников Д. Е., Толпин В. А., Уваров И. А. Анализ развития озимых культур в южных регионах Европейской части России весной 2018 года на основе данных дистанционного мониторинга // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2019. Т. 16. № 1. С. 266–271. DOI: 10.21046/2070-7401-2019-16-1-266-271.
11. Сидько А. Ф., Ботвич И. Ю., Письман Т. И., Шевырногов А. П. Оценка содержания хлорофилла и урожайности зерновых культур по хлорофилльному потенциалу // Биофизика. 2017. Т. 62. № 3. С. 565–569.
12. Подлесных Н. В. Фотосинтетическая деятельность посевов разных видов озимой пшеницы в условиях лесостепи Центрального Черноземья // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2016. № 2 (49). С. 19–30.
13. Прядкина Г. А. Пигменты, эффективность фотосинтеза и продуктивность пшеницы // Plant Varieties Studying and Protection. 2018. Т. 14. № 1. С. 97–108.
14. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований): учебник для высших сельскохозяйственных учебных заведений. Стереотип. изд. перепеч. с 5-го изд., доп. и перераб., 1985. М.: Альянс, 2014. 351 с.
15. Ерошенко Ф. В., Дуденко Н. В. Основные показатели фотосинтетической продуктивности растений // Бюллетень СНИИСХ. 2016. № 8. С. 119–132.

Об авторах:
Елена Олеговна Шестакова[1], аспирант отдела физиологии растений, ORCID 0000-0001-5764-0576, AuthorID 917940; *+7 988 858-18-85, shestakova.e.o@yandex.ru*
Федор Владимирович Ерошенко[1], доктор биологических наук, заведующий отделом физиологии растений, ORCID 0000-0003-0238-3861, AuthorID 319650; *+7 962 454-14-96, yer-sniish@mail.ru*
Ирина Геннадьевна Сторчак[1], кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник отдела физиологии растений, ORCID 000-0001-8741-6882, AuthorID 760778; *+7 918 747-02-56, sniish.storchak@gmail.com*
Лусине Робертовна Оганян[1], аспирант отдела физиологии растений, ORCID 0000-0002-0019-8956, AuthorID 744093; *+7 906 498-83-88, oganyan@inbox.ru*
Ирина Владимировна Чернова[1], кандидат географических наук, старший научный сотрудник лаборатории оценки экологического состояния агроценозов, ORCID 0000-0001-7438-6880, AuthorID 744093; *+7 918 885-79-37, chernova_skfu@mail.ru*
[1] Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр, Михайловск, Россия

Influence of various elements of cultivation technology on the chlorophyll content in winter wheat plants and its yield

E. O. Shestakova[1]✉, F. V. Eroshenko[1], I. G. Storchak[1], L. R. Oganyan[1], I. V. Chernova[1]
[1] North Caucasian Federal Scientific Agrarian Center, Mikhailovsk, Russia
✉*E-mail: shestakova.e.o@yandex.ru*

Abstract. The chlorophyll content is the most important factor that determines the intensity of photosynthesis and the overall biological productivity of plants. Therefore, the search for mechanisms that allow you to manage the production process is an

important task, the solution of which will allow you to improve the technological methods of growing crops to obtain high yields. **The purpose** of the study is to determine the influence of various elements of cultivation technology on the chlorophyll content in plants and the yield of winter wheat. **Methods.** The objects of research were winter wheat crops of various varieties. The chlorophyll content was determined by the method of Ya. I. Milaeva and N. P. Primak. Crop accounting was performed using the combine method. **Results.** The relative chlorophyll content in winter wheat plants: lea predecessor on average 9,4 % higher than for cereals; the use of mineral fertilizers in a few increased this figure by 38,0 %, wheat – 14,0 %; in the later sowing time the amount of green pigments in plants on average more than early and optimum of 10,5 and 4,0 %, respectively; in more thickened crops, the chlorophyll content in plants is lower than in sparse ones (by 13,0 %). The absolute chlorophyll content (g/m^2) in winter wheat plants: in a few in an average of 45,0 % higher than for cereals; the use of mineral fertilizers in a few increased this figure at 73,4 %, for winter wheat – 76,8 %; number of green pigments in plants at the optimum sowing time is on average higher than in the early (29,6 %) and late (15,2 %); at the optimal seeding rate accumulates more chlorophyll than the minimum (by 33,4 %) and the maximum (24,2 %). On average, for all cultivation technologies, the variety Stat' contains the largest amount of chlorophyll in plants, and Zustrich – the smallest. The yield of winter wheat for the lea precursor was 4,9 t/ha, for winter wheat – 3,3 t/ha. Use of mineral fertilizers on couple increased this indicator on average by 44,1 %, and on the cereal predecessor – by 55,3 %. At the optimal time of sowing, the highest yield was formed, and on average it was 5,1 t/ha for varieties. seeding Rates did not have provable differences on the yield of winter wheat. The highest yield was obtained in the Rate variety on the predecessor of pairs on a fertilized background – 7,5 t/ha. **Scientific novelty.** The features of the influence of various precursors, the level of mineral nutrition, timing and seeding rates on the content of chlorophyll in plants and the yield of winter wheat crops of new varieties of selection of the North Caucasian FSAC were revealed. The correlation between the relative and absolute content of chlorophyll in winter wheat plants and its yield for these varieties in the zone of unstable moisture in the Stavropol territory was determined.

Keywords: elements of cultivation technology, variety, precursor, level of mineral nutrition, sowing time, seeding rates, chlorophyll content, yield, winter wheat.

For citation: Shestakova E. O., Eroshenko F. V., Storchak I. G., Ohanyan L. R., Chernova I. V. Vliyanie razlichnykh elementov tekhnologii vozdelyvaniya na soderzhanie khlorofilla v rasteniyakh ozimoy pshenitsy i ee urozhaynost' [Influence of various elements of cultivation technology on the chlorophyll content in winter wheat plants and its yield] // Agrarian Bulletin of the Urals. 2020. No. 05 (196). Pp. 27–37. DOI: 10.32417/1997-4868-2020-196-5-27-37. (In Russian.)

Paper submitted: 09.12.2020.

References

1. Shestakova E. O., Oganyan L. R., Chernova I. V., Bil'dieva E. A. Vliyanie sorta, predshestvennika, urovnya mineral'nogo pitaniya, srokov i norm vyseva na otnositel'noe soderzhanie khlorofilla v rasteniyakh ozimoy pshenitsy [Effect of variety, precursor, level of mineral nutrition, timing and seeding rates on the relative content of chlorophyll in winter wheat plants] // Novosti nauki v APK. 2019. No. 3 (12). Pp. 487–490. (In Russian.)
2. Zborovskaya O. V., Pryadkina G. A., Oksem V. P. Zavisimost' khlorofill'nogo indeksa posevov vysokoproduktivnykh sortov ozimoy pshenitsy ot usloviy vyrashchivaniya i ego svyaz' s produktivnost'yu [The dependence of the chlorophyll index of crops of highly productive varieties of winter wheat on growing conditions and its relationship with productivity] // Zemledelie i selektsiya v Belarusi. 2016. No. 52. Pp. 88–95. (In Russian.)
3. Likhovidova V. A., Ionova E. V., Gaze V. L., Marchenko D. M. Zasukhoustoychivost' obraztsov ozimoy myagkoy pshenitsy v nachal'nuyu fazu organogeneza i izmenenie ploshchadi list'ev i soderzhaniya khlorofilla rasteniy v usloviyakh vodnogo stressa [Drought tolerance of winter soft wheat samples in the initial phase of organogenesis and changes in leaf area and plant chlorophyll content under water stress] // Grain Economy of Russia. 2018. No. 5 (59). Pp. 29–31. (In Russian.)
4. Pryadkina G. A., Stasik O. O., Mikhal'skaya L. N., Shvartau V. V. Svyaz' mezhdu velichinoy khlorofill'nogo fotosinteticheskogo potentsiala i urozhaynost'yu ozimoy pshenitsy (Triticum aestivum L.) pri povyshennykh temperaturakh [The relationship between the value of chlorophyll photosynthetic potential and the yield of winter wheat (Triticum aestivum L.) at elevated temperatures] // Sel'skokhozyaystvennaya biologiya. 2014. T. 49. No. 5. Pp. 88–95. (In Russian.)
5. Rashidov K. A., Mumindzhonov Kh. A., Dzhaborov T. D., Sharipov N. S. Fotosinteticheskiy potentsial i chistaya produktivnost' fotosinteza posevov pshenitsy v zavisimosti ot tekhnologii vyrashchivaniya [Photosynthetic potential and net productivity of photosynthesis of wheat crops depending on growing technology] // Kishovarz. 2015. No. 1. Pp. 9–11. (In Russian.)
6. Khashagul'gov U. A., Khashagul'gova M. A., Getokov O. O., Kashukoev M. V. Fotosinteticheskaya deyatel'nost' i elementy produktivnosti ozimoy pshenitsy v zavisimosti ot predshestvennikov [Photosynthetic activity and productivity elements of winter wheat depending on predecessors] // Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2017. No. 69. Pp. 199–206. (In Russian.)
7. Amelin A. V., Chekalin E. I., Zaikin V. V., Kuleshova I. V., Mazalov V. I., Sagin A. V. Genotipicheskie osobennosti proyavleniya fotoaktivnosti list'yami ozimoy pshenitsy [Genotypic features of the manifestation of photoactivity by winter wheat leaves] // Advances in Current Natural Sciences. 2018. No. 11. Pp. 18–23. (In Russian.)

8. Sid'ko A. F., Botvich I. Yu., Pis'man T. I., Shevyrnogov A. P. Estimation of chlorophyll content and yield of wheat crops from reflectance spectra obtained by ground-based remote measurements // Field Crops Research. 2017. T. 207. Pp. 24–29. DOI: 10.1016/j.fcr.2016.10.023.
9. Eroshenko F. V., Simatin T. V., Godunova E. I., Dridiger V. K., Storchak I. G. Using physiologically active substances into the technology for winter wheat cultivation in the zone of unstable moistening of the Stavropol region // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2018. T. 9. No. 5. Pp. 2121–2128. DOI: 10.25930/gwmr-ad54.
10. Lupyan E. A., Bartalev S. A., Krasheninnikova Yu. S., Plotnikov D. E., Tolpin V. A., Uvarov I. A. Analiz razvitiya ozimykh kul'tur v yuzhnykh regionakh Evropeyskoy chasti Rossii vesnoy 2018 goda na osnove dannykh distantsionnogo monitoringa [Analysis of the development of winter crops in the southern regions of the European part of Russia in the spring of 2018 based on remote monitoring data] // Current problems in remote sensing of the Earth from space. 2019. T. 16. No. 1. Pp. 266–271. DOI: 10.21046/2070-7401-2019-16-1-266-271. (In Russian.)
11. Sid'ko A. F., Botvich I. Yu., Pis'man T. I., Shevyrnogov A. P. Otsenka soderzhaniya khlorofilla i urozhaynosti zernovykh kul'tur po khlorofill'nomu potentsialu [Estimation of chlorophyll content and grain yield by chlorophyll potential] // Biophysics. 2017. T. 62. No. 3. Pp. 565–569. (In Russian.)
12. Podlesnykh N. V. Fotosinteticheskaya deyatel'nost' posevov raznykh vidov ozimoy pshenitsy v usloviyakh lesostepi Tsentral'nogo Chernozem'ya [Photosynthetic activity of crops of different types of winter wheat in the forest-steppe of the Central Black Earth Region] // Vestnik of Voronezh State Agrarian University. 2016. No. 2 (49). Pp. 19–30. (In Russian.)
13. Pryadkina G. A. Pigmenty, effektivnost' fotosinteza i produktivnost' pshenitsy [Pigments, photosynthesis efficiency and wheat productivity] // Plant Varieties Studying and Protection. 2018. T. 14. No. 1. Pp. 97–108. (In Russian.)
14. Dospekhov B. A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy): uchebnik dlya vysshikh sel'skokhozyaystvennykh uchebnykh zavedeniy [[Field experience methodology (with the basics of statistical processing of research results): textbook for higher agricultural educational institutions]. Stereotyped edition, reprinted from the 5th edition, supplemented and revised, 1985. M.: Al'yans, 2014. 351 p. (In Russian.)
15. Eroshenko F. V., Dudenko N. V. Osnovnye pokazateli fotosinteticheskoy produktivnosti rasteniy [Key indicators of photosynthetic plant productivity] // Byulleten' SNIISKh. 2016. No. 8. Pp. 119–132. (In Russian.)

Authors' information:

Elena O. Shestakova[1], postgraduate of the department of plant physiology, ORCID 0000-0001-5764-0576, AuthorID 917940; *+7 988 858-18-85, shestakova.e.o@yandex.ru*
Fedor V. Eroshenko[1], doctor of biological sciences, head of the department of plant physiology, ORCID 0000-0003-0238-3861, AuthorID 319650; *+7 962 454-14-96, yer-sniish@mail.ru*
Irina G. Storchak[1], candidate of agricultural sciences, senior researcher of the department of plant physiology, ORCID 000-0001-8741-6882, AuthorID 760778; *+7 918 747-02-56, sniish.storchak@gmail.com*
Lusine R. Oganyan[1], postgraduate of the department of plant physiology, ORCID 0000-0002-0019-8956, AuthorID 744093; *+7 906 498-83-88, oganyan@inbox.ru*
Irina V. Chernova[1], candidate of geographical sciences, senior researcher of the laboratory for assessing the ecological state of agrocenoses, ORCID 0000-0001-7438-6880, AuthorID 744093; *+7 918 885-79-37, chernova_skfu@mail.ru*
[1] North Caucasian Federal Scientific Agrarian Center, Mikhailovsk, Russia