

РАСТЕНИЕВОДСТВО

УДК 633.111.1: 581.54

doi: 10.30766/2072-9081.2018.67.6.26-32

Влияние метеоусловий вегетации на содержание фотосинтетических пигментов в листьях мягкой яровой пшеницы

О.С. Амунова

ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого», г. Киров, Российская Федерация

В условиях Кировской области изучено состояние пигментного комплекса листьев мягкой яровой пшеницы 2 сортов и 9 перспективных линий в период “кущение – цветение” для определения влияния на него метеоусловий, контрастных по влагообеспеченности и температурным показателям лет. В период исследований (2016-2017 гг.) у большинства генотипов содержание хлорофиллов (Chl a, Chl b) и каротиноидов (Car) в одни и те же фазы развития растений статистически значимо (при $p \leq 0,05$) отличалось. Выделены линии С-65, С-122 и С-129, в листьях которых содержалось большее, чем среднее по опыту или равное с ним количество пигментов. Показано, что условия вегетации в большей степени повлияли на количественное содержание пигментов, в меньшей – на их соотношение. Отмечена незначительная и средняя (7,1...14,5%) межсортовая вариабельность по содержанию Chl a в реакционных центрах (РЦ) фотосистем, Chl b и Car в листьях. Средняя вариабельность, отмеченная в фазу цветения, позволяет использовать абсолютные значения содержания пигментов в качестве дополнительного компонента при отборе селекционных линий. В условиях избыточного увлажнения выявлены парные корреляции (при $p \leq 0,05$) между высотой растений и содержанием Chl a и Chl b в фазу кущения ($r = -0,67$ и $-0,69$ соответственно), высотой растений и содержанием Car в фазу цветения ($r = -0,65$). Количество Chl a, Chl b и Car в фазу выхода в трубку статистически значимо коррелировало с продуктивной кустистостью ($r = 0,67$, $0,64$ и $0,68$ соответственно), числом зерен главного колоса ($r = 0,70$, $0,63$ и $0,68$) и массой зерна с растения ($r = 0,69$, $0,61$ и $0,73$). В условиях засухи содержание Chl a и Chl b значимо коррелировало с длиной главного колоса ($r = 0,71$ и $0,65$ соответственно) и массой зерна главного колоса ($r = 0,73$ и $0,77$). Оценка генотип-средовых взаимодействий между одноименными параметрами, характеризующими пигментный комплекс в разные годы, показала, что условия вегетации сильно повлияли на выраженность большинства из них. Слабое взаимодействие генотип – год проявилось по содержанию Car в 1 г сухого вещества в фазу цветения ($r_g = 0,61$).

Ключевые слова: метеорологические условия, пигментный комплекс, мягкая яровая пшеница, хлорофилл, каротиноиды, фазы вегетации

В последние годы на территории Кировской области наблюдаются явно выраженные климатические изменения, которые заставляют селекционеров вносить изменения в уже имеющиеся модели сортов сельскохозяйственных культур или разрабатывать новые. Создание современной модели сорта включает использование таких оценочных показателей, как элементы структуры продуктивности [1, 2, 3], а также признаков, отражающих адаптацию растений к условиям вегетации [4]. В адаптации растений к абиотическим стрессовым факторам (в Кировской области это нестабильный температурный режим, неравномерное распределение осадков и др.) значительную роль играет устойчивость их фотосинтетического аппарата. В связи с этим изучение состояния пигментного комплекса листьев становится важным направлением в разработке адаптивного сорта.

Пигменты являются фотоакцепторами, поглощающими кванты видимой части солнечного спектра и участвующими в преобразовании световой энергии в энергию химических связей [5]. Наиболее важную роль в этом процессе играет хлорофилл. Преобладающей формой хлорофилла у наземных растений является Chl a, находящийся в реакционных центрах фотосистем (РЦ) и светособирающих комплексах (ССК) хлоропластов [6]. Другой пигмент – Chl b – представлен только в составе ССК. Молекулы хлорофиллов ССК, поглощая энергию света, передают ее в РЦ фотосистем [7]. Вклад в сбор световой энергии вносят и каротиноиды, однако, когда интенсивность света превосходит нужды фотосинтеза, они помогают рассеивать избыток энергии, предохраняя фотосистему от повреждения [8]. Ввиду важности пигментов для функционирования листьев варьирование их содержания может информировать о физиологическом состоянии листового аппарата [7], а снижение их содержания являться видимым индикатором стресса.

Создание нового сорта сопровождается повышением в течение вегетации содержания фотосинтетических пигментов в листьях [9]. Анализ пигментного комплекса позволяет селекционеру оценить вклад пигментов того или иного типа в урожайность и качество зерна [10,11].

Цель исследования – оценить влияние метеоусловий на состояние пигментного комплекса листьев мягкой яровой пшеницы.

Материалы и методы. Объектом исследования были 9 линий мягкой яровой пшеницы из конкурсного сортоиспытания и 2 стандартных сорта – Баженка (ФАНЦ Северо-Востока), Маргарита (Ульяновский НИИСХ).

Исследования проводили на опытном поле ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока (с. Красное) в 2016-2017 гг. Почвы участка дерново-подзолистые среднесуглинистые, сформированы на элювии пермских глин. Содержание подвижного фосфора – 166 мг/кг почвы, обменного калия – 175 мг/кг, гумуса – 2,02%, рН 4,3.

Агротехника – общепринятая для зоны. Предшественник – чистый пар. Посев проведен в оптимальные сроки в физиологически спелую почву с нормой высева 6 млн всходов семян/га. Опыт заложен в двух повторностях.

Метеорологические условия вегетации во время проведения исследований значительно различались, что отразилось на длительности межфазных периодов. В связи с этим продолжительность активного роста растений мягкой яровой пшеницы в 2016 г. в зависимости от генотипа составила 76-79 дней, в 2017 г. – 90-92 дня.

По данным Кировского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды¹, вегетационный период 2016 г. характеризовался недостаточной влагообеспеченностью на фоне повышенных температур воздуха: снижение суммы осадков относительно климатической нормы составило 19,4%, а превышение среднесуточной температуры – 1,5 градуса. Вегетативный период развития растений продолжался в мае – июне. Превышение температуры воздуха в этот период доходило до 30% по сравнению с климатической нормой. Сумма атмосферных осадков за два месяца составила всего 55 мм (44% от нормы). В таких условиях отмечали неравномерность всходов и изреженность посевов, неспособность растениями пшеницы заложить боковые

побеги и сформировать высокую продуктивность колоса.

Вегетация пшеницы в 2017 г. проходила, в основном, в условиях пониженных температур и избыточного увлажнения: превышение суммарного количества осадков относительно климатической нормы составило 22,0%, снижение среднесуточной температуры – 1,2 градуса. Прохладная погода и высокий уровень влажности почвы в период “всходы – кущение” благоприятно отразились на полевой всхожести и общей кустистости растений. Близкие к оптимальным значения температуры воздуха и избыток осадков (160% от нормы) в период “выход в трубку – колошение” способствовали увеличению длины колоса и продуктивности растения, однако стимулировали распространение листовых болезней.

Фенологические наблюдения и учет урожая проводили в соответствии с методикой государственного испытания [12]. Для оценки элементов структуры продуктивности отбирали по десять растений каждого сорта с двух повторностей. Определяли высоту растений, продуктивную кустистость, длину и массу главного колоса, число зерен в колосе и их массу, массу зерна с растения, массу 1000 зерен.

Оценку состояния фотосинтетического аппарата осуществляли после проведения фотометрического анализа вытяжек листьев на спектрофотометре SHIMADZU UVmini-1240 (Japan). Для анализа отбирали в фазы кущения и выхода в трубку среднюю выборку всех листьев растений каждого генотипа, в фазу цветения – только флаговых листьев. Выделение пигментов (*Chl a*, *Chl b*, *Car*) и расчет их содержания проводили по методике H.K. Lichtenhaller, C. Bushmann [13]. В качестве экстрагента применяли 100% ацетон.

Генотип-средовые взаимодействия оценивали по уровню и достоверности коэффициентов генотипической корреляции (r_g) между одноименными параметрами, характеризующими структуру пигментного комплекса листьев мягкой яровой пшеницы и измеренными в различные по метеоусловиям годы.

Полученные в исследовании данные обрабатывали статистически с использованием программы Microsoft Office Excel 2007 методами корреляционного анализа и вариационной статистики.

¹Кировский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Режим доступа: <http://pogoda43.ru/статьи/климат.html> (дата обращения: 12.03.2018).

Результаты и их обсуждение. Содержание пигментов и их соотношение являются важными показателями сформированности фотосинтетического аппарата. В таблицах 1-3 представлены данные, характеризующие состояние пигментного комплекса листьев пшеницы в различные фазы вегетации в 2016 (А) и 2017 (Б) гг.

Согласно данным таблицы 1, уже в фазу кущения отмечено влияние метеоусловий вегетации на содержание фотосинтетических пигментов в листьях мягкой яровой пшеницы. В 2017 г. в 1 г сухого вещества листьев синтезировалось значительно больше пигментов, чем в 2016 г. Превышение содержания *Chl a* соста-

вило 27,2%, *Chl b* – 69,8%, *Car* – 24,2%. Это привело к увеличению соотношения (*Chl a + Chl b*) / *Car* в среднем на 14,9% по сравнению с предыдущим годом. Значение другого показателя – отношения *Chl a* к *Chl b* – в 2017 г. было на 26,0% ниже, чем в аналогичный период 2016 г. Из представленной выборки генотипов выделена линия С-84, пигментный комплекс которой в меньшей степени реагировал на метеоусловия в период фазы кущения. Статистически значимые различия по годам у данного генотипа установлены по трем из шести исследованных признаков, в то время как у большинства образцов – по четырем и более признакам.

Таблица 1

Содержание фотосинтетических пигментов (мг/г сухой массы) и их соотношение в листьях мягкой яровой пшеницы в фазу кущения

Признак	Год	Сорт, линия										
		1 **	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>Chl a</i>	А	11,4	11,7	11,5	12,1	12,3	12,0	11,2	12,1	12,0	11,7	7,7
	Б	15,9*	14,4*	12,7*	14,6*	15,3*	12,8	15,0*	13,8*	15,3*	15,0*	14,9*
<i>Chl b</i>	А	4,1	4,8	4,5	4,5	4,5	4,6	4,2	4,3	4,6	4,6	2,5
	Б	8,0*	7,2*	6,4*	7,4*	7,7*	6,3*	7,6*	6,7*	7,7*	7,4*	7,6*
<i>Car</i>	А	3,4	3,6	3,2	3,7	3,4	3,5	3,3	3,5	3,4	3,3	2,7
	Б	4,4*	4,0*	3,6*	4,1*	4,4*	3,6	4,1*	3,9*	4,3*	4,3*	4,1
% <i>Chl a</i> и ССК	А	58,0	63,4	62,4	59,1	58,5	60,7	60,2	57,7	60,7	61,8	53,6
	Б	73,7*	73,4*	73,3*	73,5*	73,4*	72,3*	73,7*	72,1*	73,8*	72,4*	74,3*
<i>Chl a / Chl b</i>	А	2,8	2,5	2,6	2,8	2,8	2,6	2,7	2,8	2,7	2,6	3,2
	Б	2,0*	2,0*	2,0*	2,0*	2,0*	2,0*	2,0*	2,1*	2,0*	2,0*	2,0*
Сумма <i>a</i> и <i>b</i> / <i>Car</i>	А	4,6	4,6	5,0	4,5	5,0	4,7	4,7	4,7	4,9	5,0	3,9
	Б	5,4*	5,5*	5,3	5,4*	5,2	5,2	5,5*	5,3*	5,3*	5,3	5,5*
												5,4*

Примечания: А – 2016 г.; Б – 2017 г.; * отличия по годам статистически значимы при $p \leq 0,05$; ** сорта и линии пшеницы: 1 – Баженка; 2 – Маргарита; 3 – С-54; 4 – С-64; 5 – С-65; 6 – С-84; 7 – С-103; 8 – С-122; 9 – С-129; 10 – С-177; 11 – С-180.

Межсортовая вариабельность по содержанию хлорофиллов в фазу кущения 2017 г. была незначительной (7,1...7,9%). В 2016 г. коэффициенты вариации для *Chl a* РЦ фотосистем и *Chl b* имели средние значения (11,1 и 14,5% соответственно), однако выделение из выборки какого-либо генотипа по данным признакам затруднительно.

В следующей фазе развития (выход в трубку) содержание *Chl a*, *Chl b* и *Car* в 1 г сухого вещества листьев у большинства генотипов пшеницы (за исключением линии С-54) статистически значимо отличалось по годам (табл. 2).

Избыточное увлажнение и близкая к среднемноголетнему значению температура воздуха в период “кущение – выход в трубку”

в 2017 г. способствовали активному синтезу пигментов в листьях пшеницы. В фазу выхода в трубку 1 г сухого вещества содержал в среднем 13,4 мг *Chl a*, 5,4 мг *Chl b* и 4,3 мг *Car*, что на 30,3...50,0% больше, чем в листьях, сформированных в условиях 2016 г.

Межсортовая вариабельность по содержанию *Chl a*, *Chl b* и *Car* в 2016 г. составила 9,1, 13,0 и 7,4%, в 2017 г. – 10,4, 13,2 и 9,7% соответственно.

Несмотря на то, что абсолютные показатели содержания хлорофиллов в листьях отличались по годам у 9 из 11 генотипов, их соотношение в годы исследований имело одинаковые значения. Статистически значимые различия показателей *Chl a / Chl b* отмечены только у линии С-122.

В фазу цветения в отличные по метеоусловиям 2016, 2017 гг. в структуре пигментного комплекса изученных образцов пшеницы так же, как и в предшествующие фазы развития, наблюдались различия. Согласно данным таблицы 3, эти различия были существенными: в 2017 г. в 1 г сухого вещества листьев содержалось почти в два раза больше хлорофиллов, чем в 2016 г.

Высокие абсолютные значения *Chl a* и *Chl b* в 2017 г. привели к увеличению у большинства образцов соотношения (*Chl a + Chl b*) / *Car* по сравнению с 2016 г. (исключением стали линии С-122 и С-129), но показатели соотношения хлорофиллов друг к другу были значимо ниже. Статистически значимых отличий по показателю *Chl a / Chl b* по годам не установлено у линий С-84, С-122 и С-180.

Таблица 2

Содержание фотосинтетических пигментов (мг/г сухой массы) и их соотношение в листьях мягкой яровой пшеницы в фазу выхода в трубку

Признак	Год	Сорт, линия										
		1**	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>Chl a</i>	А	9,3	10,5	8,9	9,4	9,9	10,8	10,5	9,8	11,6	8,6	9,2
	Б	14,0*	13,5*	9,6	13,9*	13,8*	14,3*	13,3*	14,3*	12,6	14,5*	13,4*
<i>Chl b</i>	А	3,3	4,2	3,3	3,3	3,6	3,9	3,9	3,5	4,5	3,0	3,2
	Б	5,6*	5,5*	3,4	5,4*	5,5*	5,7*	5,3*	6,0*	5,2	6,2*	5,6*
<i>Car</i>	А	3,3	3,6	2,9	3,2	3,4	3,7	3,5	3,3	3,5	2,9	3,2
	Б	4,6*	4,4*	3,1	4,5*	4,4*	4,5*	4,3*	4,4*	4,4*	4,6*	4,3*
% <i>Chl a</i> в <i>CCK</i>	А	57,5	62,6	59,8	55,2	58,1	57,3	59,9	57,9	61,9	56,2	57,4
	Б	62,2	63,5	57,4	60,1	62,3	63,5	62,6	64,9*	63,4	64,4	63,6
<i>Chl a / Chl b</i>	А	2,9	2,5	2,7	3,1	2,8	2,9	2,7	2,8	2,6	3,0	2,9
	Б	2,6	2,5	2,9	2,7	2,6	2,5	2,5	2,4*	2,5	2,4	2,5
Сумма <i>a</i> и <i>b/Car</i>	А	3,9	4,2	4,2	3,9	4,0	4,0	4,2	4,1	4,6	4,0	4,0
	Б	4,3	4,3	4,2	4,3	4,4	4,4	4,3	4,7*	4,3	4,6*	4,4*

* отличия по годам статистически значимы при $p \leq 0,05$; ** номера сортов и линий в соответствии с табл. 1.

Таблица 3

Содержание фотосинтетических пигментов (мг/г сухой массы) и их соотношение в листьях мягкой яровой пшеницы в фазу цветения

Признак	Год	Сорт, линия										
		1**	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>Chl a</i>	А	8,9	7,4	9,8	9,8	11,3	8,3	9,7	9,4	10,2	10,3	8,6
	Б	18,5*	17,1*	17,7*	17,3*	17,0*	14,7*	19,4*	14,8*	16,6*	14,7*	20,4*
<i>Chl b</i>	А	4,4	3,8	4,3	4,8	5,9	4,2	5,1	4,8	5,4	5,5	4,2
	Б	10,8*	10,4*	9,9*	9,5	9,5*	7,8*	11,1*	7,7*	9,1*	9,4*	10,6
<i>Car</i>	А	3,5	2,3	2,8	2,9	3,0	2,5	2,8	2,7	2,8	2,8	2,5
	Б	5,1*	4,5*	4,7*	4,9*	4,8*	4,3*	5,0*	4,3*	4,9*	3,8*	5,3*
% <i>Chl a</i> в <i>CCK</i>	А	72,8	74,8	67,2	71,4	75,3	74,1	75,1	74,0	75,3	76,0	72,3
	Б	80,9*	83,4*	78,6	77,8*	79,0*	76,3	80,2*	75,4	77,8	85,6*	75,0
<i>Chl a / Chl b</i>	А	2,0	1,9	2,3	2,1	1,9	2,0	1,9	2,0	1,9	1,9	2,1
	Б	1,7*	1,6*	1,8*	1,8*	1,8*	1,9	1,7*	1,9	1,8*	1,6*	2,0
Сумма <i>a</i> и <i>b/Car</i>	А	3,7	5,0	5,1	5,0	5,7	5,0	5,3	5,3	5,5	5,6	5,2
	Б	5,8*	6,2*	5,9*	5,4*	5,5*	5,3*	6,1*	5,3	5,3	6,3*	5,9*

* - отличия по годам статистически значимы при $p \leq 0,05$; ** - номера сортов и линий в соответствии с табл. 1.

В фазу цветения межсортовая вариабельность по содержанию *Chl a* РЦ фотосистем имела близкие значения: 11,5% в 2016 г. и 11,0% в 2017 г. По содержанию *Chl b* и *Car* степень варьирования признаков в годы исследований чуть различалась: 11,6...13,3% и 9,1...12,1% соответственно.

В период “кущение – цветение” 2016, 2017 гг. межсортовая вариабельность по содержанию пигментов в листьях была либо незначительной, либо средней. Такая изменчивость вариационного ряда затрудняет выделение какого-либо генотипа по содержанию пигментов. Тем не менее, в условиях высокой влагообеспеченности 2017 г. линии С-64, С-65, С-103, С-129, С-177 в период “кущение – цветение” содержали в листьях большее, чем среднее по опыту, или равное с ним количество пигментов. В условиях засухи 2016 г. подобная картина наблюдалась у образцов С-65, С-103, С-129. У образца С-129 показатель (*Chl a* + *Chl b*), сформированный в фазу кущения, не менялся до наступления фазы цветения или менялся незначительно.

Количественные различия в структуре пигментного комплекса пшеницы не повлияли на характер изменения соотношения пигментов в процессе вегетации. В период “кущение – цветение” 2016, 2017 гг. наблюдалось снижение соотношения *Chl a* и *Chl b* (на 28,6...30,8% соответственно) и повышение показателя (*Chl a* + *Chl b*) / *Car* (на 24,4...29,5%). В фазу кущения пшеницы 2016 г. доля *Chl a* в ССК фотосистем составила в среднем 59,5%. К фазе цветения этот показатель вырос на 23,3%. В фазу кущения 2017 г. доля *Chl a* в ССК имела среднее значение 73,7%, которое к цветению возросло на 7,3%.

Анализ парных корреляций между содержанием пигментов в листьях пшеницы в разные фазы вегетации и элементами структуры продуктивности растений позволил установить статистически значимые (при $p \leq 0,05$) связи. Установлено, что в условиях избыточного увлажнения 2017 г. содержание *Chl a* и *Chl b* в 1 г сухой массы в фазу кущения коррелировало с высотой растений ($r = -0,67$ и $-0,69$ соответственно), а содержание *Car* – с числом зерен главного колоса ($r = 0,64$) и зерновым уборочным индексом (ЗУИ) ($r = 0,61$). Показатель ЗУИ также коррелировал с содержанием *Chl a* ($r = 0,61$). Установлены парные корреляции между количеством *Chl a*, *Chl b* и *Car* в фазу выхода в трубку и продуктивной кустистостью ($r = 0,67$, $0,64$ и $0,68$ соответственно),

а также числом зерен главного колоса ($r = 0,70$, $0,63$ и $0,68$) и массой зерна с растения ($r = 0,69$, $0,61$ и $0,73$). Содержание *Car* в фазу цветения статистически значимо коррелировало с высотой растения ($r = -0,65$). В 2016 г. коэффициент корреляции между этими показателями также имел отрицательное значение ($r = -0,56$).

В условиях засухи 2016 г. была установлена статистически значимая (при $p \leq 0,05$) положительная связь длины главного колоса, массы зерна главного колоса с содержанием *Chl a* и *Chl b* в листьях в фазу цветения. Коэффициент корреляции длины колоса и количества пигментов в 1 г сухой массы листьев составил 0,71 и 0,65 соответственно, массы зерна главного колоса и количества хлорофиллов – 0,73 и 0,77 соответственно.

Оценка генотип-средовых взаимодействий (по r_g) между одноименными параметрами, характеризующими пигментный комплекс листьев пшеницы исследованных генотипов, показала, что изменения условий среды влияют на выраженность большинства параметров очень сильно. Слабое взаимодействие генотип – год проявилось по содержанию *Car* в 1 г сухого вещества листьев в фазу цветения ($r_g = 0,61$). Данный признак, как отмечалось ранее, связан с высотой растений. Высота растений в засушливый год коррелировала с ЗУИ ($r = -0,79$).

Заключение. Исследования, проведенные с 11 генотипами мягкой яровой пшеницы в отличные по влагообеспеченности и температурным показателям годы, позволили утверждать, что условия вегетации оказали влияние на выраженность параметров, количественно характеризующих пигментный комплекс растений. В условиях засухи на протяжении всего вегетативного периода развития растений 1 г сухого вещества листьев содержал значительно меньше фотосинтетических пигментов, чем в контрастных условиях. Недостаток влаги в период “кущение – цветение” привел к снижению содержания *Chl a* и *Car*. Выделены линии С-65, С-122 и С-129, в листьях которых в годы исследований содержалось большее, чем среднее по опыту, или равное с ним количество пигментов всех типов.

Средние значения коэффициентов вариации по содержанию пигментов в фазу цветения дают возможность использования абсолютных значений количества пигментов в единице массы в качестве дополнительного компонента при отборе селекционных линий. Это подтверждается наличием достоверных корреляций между содержанием пигментов и элементами структуры продуктивности растений пшеницы.

Автор выражает благодарность заведующему отделом эдафической устойчивости растений ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, доктору биол. наук Е.М. Лисицыну за помощь в проведении физиологических исследований.

Список литературы

- Баталова Г.А. Овес в Волго-Вятском регионе. Киров: ООО Орма, 2013. 288 с.
- Коряковцева Л.А., Волкова Л.В. Обоснование параметров модели высокоурожайного сорта яровой мягкой пшеницы для условий Нечерноземной зоны России // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2014. № 6(43). С. 195-217.
- Щенникова И.Н. Модели сортов ярового ячменя для условий Волго-Вятского региона // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2015. № 6(49). С. 9-13.
- Гребенникова И.Г., Алейников А.Ф., Стёпачкин П.И. Построение модели сорта яровой трикале на основе современных информационных технологий // Вычислительные технологии. 2016. Т. 21. С. 53-64.
- Воложжанина Е.Н., Баталова Г.А., Тулякова М.В., Пермякова С.В. Влияние почвенной кислотности на фотосинтетический аппарата пленчатого овса // Методы и технологии в селекции растений и растениеводстве: материалы Междунар. научн.-практ. конф. Киров: НИИСХ Северо-Востока, 2015. С. 67-71.
- Croce R., van Amerongen H. Natural strategies for photosynthetic light harvesting // Nature Chemical Biologi. 2014. 10. P. 492-501. Режим доступа: <https://doi.org/10.1038/nchembio.1555> (дата обращения: 6.03.2018).
- Баталова Г.А., Лисицын Е.М. Динамика относительного содержания фотосинтетических пигментов в листьях овса // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. № 6(37). 2013. С. 9-12.
- Demming-Adams B., Adams W.W. III The role of xanthophylls cycle carotenoids in the protection of photosynthesis // Trends and Plant Science. 1996. V. 1. P. 21-27.
- Тарасенко С., Живлюк Е. Пигментный состав сортов мягкой озимой пшеницы // Наука и инновации. 2009. № 7(77). С. 25-28.
- Houborga R. McCabe M.F., Cescattib A., Gitelson A.A. Leaf chlorophyll constraint on model simulated gross primary productivity in agricultural systems // International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation. 2015. 43. P. 160-176. Режим доступа: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jag.2015.03.016> (дата обращения: 28.02.2018).
- Li X., Xiao J., He B. Chlorophyll fluorescence observit by OCO-2 is strongly related to gross primary productivity estimated from flux towers in temperate forests // Remote Sensing of Environment. 2018. 204. P. 659-671. Режим доступа: <http://doi.org/10.1016/j.rse.2017.09.034> (дата обращения: 25.02.2018).
- Методика государственного сортоспытования сельскохозяйственных культур. М., 1985. Вып. 1. 270 с.
- Lichtenthaler H.K., Bushmann C. Chlorophylls and carotenoids: measurement and characterization by UV-VIS spectroscopy // Current Protocols in Food Analytical Chemistry. 2001. F4.3.1-F4.3.8.

Сведения об авторе:

Амунова Оксана Сергеевна, кандидат биол. наук, мл. научный сотрудник

ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого», ул. Ленина, д.166 а, г. Киров, Российская Федерация, 610007, e-mail: priemnaya@fanc-sv.ru

Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka, 2018. Vol. 67, no. 6, pp. 26-32.

doi: 10.30766/2072-9081.2018.67.6.26-32

The influence of meteorological conditions of vegetation on the content of photosynthetic pigments in leaves of soft spring wheat

O.S. Amunova

Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V.Rudnitsky, Kirov, Russian Federation

Under the conditions of the Kirov region the state of the pigment complex of leaves of soft spring wheat of 2 varieties and 9 promising lines was studied during “tillering - flowering” period to determine the influence of weather conditions in years contrasting in moisture availability and temperature indicators. During the study period of 2016-2017, the content of chlorophylls (*Chl a*, *Chl b*) and carotenoids (*Car*) in the majority of genotypes in one and the same phases of plant development statistically significantly varied (at $p \leq 0.05$). The C-65, C-122 and C-129 lines were selected, the leaves of which contained more than the average of the experiment or an equal amount of pigments. It is shown that vegetation conditions had a greater impact on the quantitative content of pigments, and to a lesser extent on their ratio. An insignificant and medium (7.1 - 14.5%) inter-varietal variability in the content of

Chl a in the reaction centers (RC) of photosystems, *Chl b* and *Car* in the leaves was noted. The average variability noted in the flowering phase allows to use the absolute values of the pigment content as an additional component in the selection of breeding lines. Under conditions of excessive moisture, paired correlations (at $p \leq 0.05$) were found between plant height and *Chl a* and *Chl b* content in the tillering phase ($r = -0.67$ and -0.69 , respectively), and also with *Car* content in the flowering phase ($r = -0.65$). The number of *Chl a*, *Chl b* and *Car* in the phase of entering the tube was statistically significantly correlated with productive bushiness ($r = 0.67$, 0.64 and 0.68, respectively), the number of grains of the main spike ($r = 0.70$, 0.63 and 0.68) and the mass of grain per plant ($r = 0.69$, 0.61 and 0.73). Under drought conditions, the content of *Chl a* and *Chl b* was significantly correlated with the length of the main spike ($r = 0.71$ and 0.65, respectively) and the mass of the main spike grain ($r = 0.73$ and 0.77). An assessment of genotype-environment interactions between the same parameters characterizing the pigment complex in different years showed that the growing season conditions strongly influenced the severity of most of them. Weak interaction genotype - year was manifested by the *Car* content in 1 g of dry matter in the flowering phase ($r_g = 0.61$).

Key words: *weather conditions, pigment complex, soft spring wheat, chlorophyll, carotenoids, growth phases*

References

1. Batalova G.A. *Oves v Volgo-Vyatskom regione*. [Oat in the Volga-Vyatka region]. Kirov: OOO *Orma*, 2013. 288 p.
2. Koryakovtseva L.A., Volkova L.V. *Obosnovanie parametrov modeli vysokourozhaynogo sorta yarovoymyagkoy pshenitsy dlya usloviy Nechernozemnoy zony Rossii*. [Justification of the parameters of the model of high-yielding varieties of spring soft wheat for the conditions of the Non-Chernozem zone of Russia]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka*. 2014. no. 6(43). pp. 195-217.
3. Shchennikova I.N. *Modeli sortov yarovogo yachmenya dlya usloviy Volgo-Vyatskogo regiona*. [Models of spring barley varieties for the conditions of the Volga-Vyatka region]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka*. 2015. no. 6(49). pp. 9-13.
4. Grebennikova I.G., Aleynikov A.F., Stepochnik P.I. *Postroenie modeli sorta yarovoym tritikale na osnove sovremennoykh informatsionnykh tekhnologiy*. [Building a model of spring triticale variety based on modern information technologies]. *Vychislitel'nye tekhnologii*. 2016. Vol. 21. pp. 53-64.
5. Vologzhanina E.N., Batalova G.A., Tulyakova M.V., Permyakova S.V. *Vliyanie pochvennoy kislotnosti na fotosinteticheskiy apparata plenchatogo ovsya*. [The effect of soil acidity on the photosynthetic apparatus of membranous oats]. *Metody i tekhnologii v selektsii rasteniy i rastenievodstve: materialy Mezhdunar. nauch.-prak. konf.* [Methods and technologies in plant breeding and plant growing: Proceedings of International science and practical conf.]. Kirov: NIISKh Severo-Vostoka, 2015. pp. 67-71.
6. Croce R., van Amerongen H. *Natural strategies for photosynthetic light harvesting*. [Natural strategies for photosynthetic light harvesting]. *Nature Chemical Biologi*. 2014. no. 10. pp. 492-501. Available at: <https://doi.org/10.1038/nchembio.1555> (accessed: 6.03.2018).
7. Batalova G.A., Lisitsyn E.M. *Dinamika otnositel'nogo soderzhaniya fotosinteticheskikh pigmentov v list'yakh ovsya*. [The dynamics of the relative content of photosynthetic pigments in the leaves of oats]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka*. 2013. no. 6(37). pp. 9-12.
8. Demming-Adams B., Adams W.W. III The role of xanthophylls cycle carotenoids in the protection of photosynthesis. *Trends in Plant Science*. 1996. Vol. 1. pp. 21-27.
9. Tarasenko S., Zhivlyuk E. *Pigmentnyy sostav sortov myagkoy ozimoy pshenitsy*. [Pigment composition of soft winter wheat varieties]. *Nauka i innovatsii*. 2009. no. 7(77). pp. 25-28.
10. Houborg R. McCabe M.F., Cescattib A., Gitelson A.A. Leaf chlorophyll constraint on model simulated gross primary productivity in agricultural system. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 2015. no. 43. pp. 160-176. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jag.2015.03.016> (accessed: 28.02.2018).
11. Li X., Xiao J., He B. Chlorophyll fluorescence observed by OCO-2 is strongly related to gross primary productivity estimated from flux towers in temperate forests. *Remote Sensing of Environment*. 2018. no. 204. pp. 659-671. Available at: <http://doi.org/10.1016/j.rse.2017.09.034> (accessed: 25.02.2018).
12. *Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur*. [Methods of state variety testing of agricultural crops]. Moscow, 1985. Vol. 1. 270 p.
13. Lichtenhaller H.K., Bushmann C. Chlorophylls and carotenoids: measurement and characterization by UV-VIS spectroscopy. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*. 2001. F4.3.1-F4.3.8.

Information about the authors:

O.S. Amunova, PhD in Biology, junior researcher

Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V.Rudnitsky, Lenin str., 166a, Kirov, Russian Federation, 610007, e-mail: priemnaya@fanc-sv.ru