

Окончание табл. 5				
1	2	3	4	5
2016	Л-55/16 (ус)	22,23*	54,46*	6,86*
	Л-56/16 (ус)	22,23*	54,28*	6,92*
	Л-57/16 (ус)	23,10*	54,28*	7,00*
	Л-65/16 (ус)	22,63*	54,36*	6,72*

Таким образом, в результате биохимической оценки семян гороха выделены образцы с высоким содержанием белка, крахмала и сахара.

Образцы Л-127/13, Л33/13, Л-97/13, Л-55/16, Л-56/16, Л-57/16, Л65/16 рекомендуются использовать в качестве исходного материала для улучшения высокоурожайных образцов, или изучать как самостоятельные перспективные линии при создании сортов.

#### Литература

1. Горох – важнейшая зернобобовая культура (Рекомендации для районов Центрально- Черноземной зоны) – М.: Сельхозиздат, – 1962. – 64 с
2. Подгорный П.И. Зернобобовые культуры. – Воронеж: Областное книгоиздательство. – 1949. – 84с.
3. Опыт работы с зернобобовыми культурами. – Кишинев. – 1968. – 48 с.
4. Евтушенко М.Е. Бобовые культуры (горох, фасоль и бобы). – Московский рабочий, 1947. – 48 с.
5. Плешков Б.П. Биохимия сельскохозяйственных растений. – М: 5-е изд., доп. и перераб. 1987. – 494 с.
6. Кретович В.Л. Биохимия зерна и хлеба. – М.: Академия наук СССР, 1958. – 176 с.
7. Биология и селекция зерновых и зернобобовых культур (методы и результаты исследований). – Кишинев: «Штиинца». 1976. – 172 с.
8. Плешков Б.П. Практикум по биохимии растений. – М.: Колос. 1985. – 255 с.
9. Ермаков А.И., Арасимович В.В., Смирнова-Иконникова М.И., Мурри И.К. Методы биохимического исследования растений. – М. Сельскохозяйственная литература. 1952. 520 с.
10. Починок Х.Н. Методы биохимического анализа растений. – Киев: «Наукова думка». 1976. – 336 с.
11. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Колос, 1979. – 416 с.

### QUALITY ASSESSMENT OF SAMPLES OF PEA VARIETIES AT THE FINAL STAGE OF THE SELECTION PROCESS

**I. A. Pshenichnaya, I.A. Philatova, E. P. Belyaeva, O. N. Istomina**

FSBSI «V.V. DOKUCHAEV RESEARCH INSTITUTE OF AGRICULTURE OF CENTRAL-CHERNOSEM ZONE»

*Abstract:* The study of various pea samples in the conditions of the Kamennaya Steppe, Voronezh region, made it possible to identify the most promising of them, capable of producing a grain with a high content of protein, sugars and starch.

**Keywords:** sample, pea, content, protein, sugars, starch.

УДК 633.13:631.524.85

### ИЗУЧЕНИЕ СОСТОЯНИЯ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКОГО АППАРАТА ОВСА В СЕЛЕКЦИИ НА УСТОЙЧИВОСТЬ К ЭДАФИЧЕСКОМУ СТРЕССУ

Г.А. БАТАЛОВА<sup>1,2</sup>, академик РАН

Е.М. ЛИСИЦЫН<sup>1,2</sup>, доктор биологических наук

М.В. ТУЛЯКОВА<sup>3</sup>

<sup>1</sup>ФГБНУ «НИИСХ СЕВЕРО-ВОСТОКА»

E-mail: g.batalova@mail.ru

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «ВЯТСКАЯ ГСХА»

<sup>3</sup>ФГБНУ «ФАЛЁНСКАЯ СЕЛЕКЦИОННАЯ СТАНЦИЯ»

*В условиях Кировской области изучено влияние неблагоприятных для сельскохозяйственных культур экологических факторов – алюмотоксичности кислых*

дерново-подзолистых почв ( $pH 4,0$ ;  $Al^{3+} 12,6$  мг/100 г почвы) и повышенного температурного фона в сочетании с низким увлажнением на фотосинтетический аппарат (содержание пигментов и площадь листьев) 14 сортов овса пленчатого. Установлена депрессия содержания пигментов во флаговых листьях на фоне эдафического стресса:  $Chl a - 32,9...61,1\%$ ;  $Chl b - 41,3...68,9\%$ ;  $Car - 17,4...41,6\%$ ; и площади листьев: флагового –  $48,6...83,2\%$ ; подфлагового –  $48,4...78,5\%$ , листьев стебля –  $50,4...82,9\%$ . Выделены устойчивые к действию эдафических стрессовых факторов перспективные сорта овса 2h09, И-4584. Показана высокая устойчивость к стрессу стандарта – сорта Аргамак.

**Ключевые слова:** фотосинтетические пигменты, площадь листьев, депрессия.

К наиболее важным экологическим факторам, лимитирующим продуктивность растений, относят эдафические факторы, связанные с почвенной кислотностью – ионной токсичностью алюминия и марганца, низкой величиной pH. В мире доля таких почв составляет около 40% (Delhaize et al., 2004). В России они занимают 38% общей площади сельскохозяйственных угодий, значительная их часть приходится на европейский Северо-Восток страны. Так, в структуре кислых почв Кировской области, на очень сильнокислые (pH менее 4,0), сильно- (pH 4,1...4,5) и среднекислые почвы (pH 4,6...5,0) приходится 47% площади пашни (981,7 тыс. га). Снижение урожайности зерновых культур на таких почвах достигает 85%, а общие потери сельскохозяйственной продукции в пересчете на зерно – 15...16 млн. тонн в год [1].

Овес считают относительно устойчивой к эдафическим стрессам культурой. В тоже время при возделывании на алюмокислых дерново-подзолистых почвах его урожайность снижается на 40...50% [2]. Основным закисляющим агентом почв Кировской области являются ионы  $Al^{3+}$ . В почвах с pH ниже 5,0 растворимость алюминия резко увеличивается. Хотя низкие концентрации  $Al^{3+}$  могут оказывать положительное влияние на рост растения, при возрастании же концентрации ионов возникают четкие симптомы отравления, после чего наступает гибель.

Фотосинтетический аппарат испытывает сильное воздействие со стороны стрессовых факторов. Величина листовой поверхности – главного аппарата взаимодействия растений со средой, при помощи которого улавливается энергия солнечной радиации и в процессе фотосинтеза преобразуется в потенциальную энергию органического вещества, является показателем, в значительной степени определяющим эффективность фотосинтетической деятельности растений. В условиях экологического стресса листья в наибольшей степени подвергаются морфологическим изменениям. Для листьев разных ярусов характерен различный вклад в общую семенную продуктивность растений. Так, фотоассимилянты флагового и подфлагового листьев идут на формирование зерна, тогда как ассимилянты остальных листьев, в основном, способствуют поддержанию их собственного метаболизма [3, 4]. В листьях локализованы специализированные структурные клетки – хлоропласты, содержащие пигменты и другие компоненты, необходимые для поглощения и преобразования энергии. Пигменты фотосинтеза у высших растений подразделяются на два класса: хлорофиллы и каротиноиды. Хлорофиллы поглощают, в основном, красный и сине-фиолетовый свет, зеленый свет ими отражается, что и придает растениям специфическую зеленую окраску, если она не маскируется другими пигментами. Каротиноиды называют вспомогательными пигментами, поскольку поглощенную световую энергию они переносят на хлорофилл, а их основная роль состоит в тушении излишков тепловой энергии.

Содержание хлорофилла является одним из косвенных индикаторов фотосинтетической активности растений [4]. По его содержанию можно судить о степени развития фотосинтетического аппарата и физиологического состояния растений, об ассимиляционной деятельности и вкладе ассимилирующих органов растения в формирование продуктивности, о потенциальной возможности растений формировать и накапливать урожай. Оценка фотосинтетических функций и структур является частью селекционного процесса.

Алюминий, поступивший в значительных количествах в надземную часть растений, нарушает восстановительную, фосфорилирующую и фосфатазную активность хлоропластов, приводит к снижению проницаемости мембран хлоропластов или их частичному разрушению. В результате листья уменьшаются в размерах, приобретают темно-зеленый цвет; отмечают пурпурную окраску стебля, листьев и жилок листьев, хлороз и некроз листьев [5].

Для повышения продуктивности растений важнейшей задачей селекции является повышение интенсивности фотосинтеза у растений, в т.ч. за счет формирования посевов с оптимальной площадью листьев и усиления перераспределения ассимилянтов в пользу репродуктивных органов, а также повышение устойчивости фотосинтетического аппарата растений к эдафическим стрессовым факторам.

**Цель исследований** – изучить влияние эдафического стресса на фотосинтетический аппарат сортов овса питомника конкурсного испытания, выделить устойчивые к стрессу генотипы для использования в селекции и в качестве самостоятельных сортов.

#### **Материалы и методы**

Исследования проведены в НИИСХ Северо-Востока в 2016 году на двух типах дерново-подзолистых почв – окультуренной (рН 6,4) и кислой (рН 4,0;  $Al^{3+}$  12,6 мг/100 г почвы). Изучено 14 сортов овса пленчатого питомника конкурсного сортоиспытания (КСИ) селекции НИИСХ Северо-Востока и Фалёнской селекционной станции, в т.ч. стандарт – сорт Аргамак. Наблюдали засушливые явления в течение всего периода вегетации (Обзор..., 2016). ГТК в период от всходов до выметывания составил 0,62. В мае, когда наблюдали всходы, кущение и начало выхода в трубку температура была выше средних многолетних показателей на 2,9° и достигала 31...32 °С, количество осадков составило 24% от нормы (11 мм). Исследования проведены в соответствии с «Методикой Государственного сортоиспытания...» (1985). В фазу цветения отбирали пробы листьев для анализа содержания пигментов, производили измерения площади листьев на 25 растениях четырех повторений питомника (Зелинский, Наумова, 1984). Содержание хлорофиллов *a* и *b* (*Chl a*, *Chl b*), каротиноидов (*Car*) определяли с использованием спектрофотометра UVmini 1240 Shimadzu (Japan), расчет содержания пигментов проводили по методике (Lichtenthaler, Buschmann, 2001). Статистическая обработка данных проведена с использованием пакета прикладных программ Microsoft Excel из стандартного набора Microsoft Office и программы AGROS 2.07.

#### **Результаты и их обсуждение**

Исследования показали негативное влияние эдафического стресса на формирование площади отдельных листьев и суммарной площади листьев стебля овса. Средние для 12 перспективных сортов овса и сорта Кречет показатели площади листьев были меньше такового у стандарта - сорта Аргамак как на окультуренном (флаговый лист соответственно 10,3; 13,03 см<sup>2</sup>; подфлаговый 16,03; 18,02 см<sup>2</sup>; суммарная площадь листьев стебля 47,9; 49,64 см<sup>2</sup>), так и стрессовом почвенном фонах – (соответственно флаговый 3,18; 3,36 см<sup>2</sup>; подфлаговый 5,65; 6,14 см<sup>2</sup>; листья стебля 14,31; 15,93 см<sup>2</sup>). При этом депрессия средних показателей площади флаговых и подфлаговых листьев была меньше показателя стандарта, в отличие от площади листьев стебля (табл. 1).

На алюмокислых почвах выделены сорта овса пленчатого с пониженным относительно контроля уровнем депрессии площади флагового листа: И-4595 (48,6%), И-4592 (51,0%), 2h09 (62,5%) и другие. На окультуренном фоне дерново-подзолистых почв превысили стандарт по площади флагового листа только сорта И-4553, И-4618, на фоне стресса таковыми были И-4595, 2h09, И-4553, И-4592 и Кречет, включенный в Госреестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Кречет входит в группу лидеров по распространению сортов овса в посевах РФ – 6 место [6].

Сорт Кречет имел пониженные показатели депрессии флагового (58,5%) и подфлагового (53,9%) листьев, суммарной площади листьев (50,4%). Аналогичные или близкие к ним показатели имел перспективный сорт И-4595. Величина площади

подфлагового листа у сорта И-4595 (8,96 см<sup>2</sup>) была выше уровня развития признака стандарта на фоне эдафического стресса на 2,82 см<sup>2</sup>, на фоне без алюминия показатель составил 17,36 см<sup>2</sup>. Наиболее крупный подфлаговый лист на окультуренных почвах (21,41 см<sup>2</sup>) имел сорт И-4618 с превышением стандарта на 3,39 см<sup>2</sup>, на алюмокислых – меньше на 0,74 см<sup>2</sup>. Высокие показатели были у сорта И-4584, который превзошел стандарт по суммарной площади листьев главного стебля в благоприятных и стрессовых условиях.

Таблица 1

**Влияние эдафического стресса на формирование листовой поверхности сортов овса, см<sup>2</sup>**

Сорт	Флаговый лист			Подфлаговый лист			Листья стебля		
	фон 1	фон 2	Д, %	фон 1	фон 2	Д, %	фон 1	фон 2	Д, %
И-3868	11,36	3,04	73,2	15,01	5,9	60,7	44,44	14,7	66,9
И-4553	15,05	3,73	75,2	17,59	5,73	67,4	61,29	13,78	77,5
И-4595	10,23	5,26	48,6	17,36	8,96	48,4	49,48	20,78	58,0
И-4584	10,96	3,38	69,2	19,65	6,48	67,0	56,47	16,7	70,4
И-4592	7,88	3,86	51,0	14,14	6,75	52,3	40,87	16,53	59,6
И-4618	13,46	2,78	79,3	21,41	5,4	74,8	51,74	12,66	75,5
397h07	8,37	2,2	73,7	14,09	3,92	72,2	44,43	9,8	77,9
418h07	7,01	2,12	69,8	12,4	4,06	67,3	42,83	11,07	74,2
2h09	10,83	4,06	62,5	14,23	6,62	53,5	39,18	18,64	52,4
378h08	9,54	1,6	83,2	15,74	3,39	78,5	50,68	8,66	82,9
168h10	10,5	1,82	82,7	15,87	3,59	77,4	51,08	9,55	81,3
3h14	8,47	2,86	66,2	16,72	6,09	63,6	50,52	13,42	73,4
Кречет	10,98	4,55	58,5	14,2	6,54	53,9	39,69	19,7	50,4
Среднее	10,3	3,18	68,7	16,3	5,65	64,4	47,9	14,31	69,3
Аргамак, ст.	13,03	3,36	74,2	18,02	6,14	65,9	49,64	15,93	67,9

\* – фон 1 – рН 6,4, Al<sup>3+</sup> отсутствует; фон 2 – рН 4,0; Al<sup>3+</sup> 12,6 мг/100 г почвы; Д – депрессия – снижение показателя признака на фоне 2 относительно фона 1

Площадь листьев оказала положительное влияние на формирование зерновой продуктивности (масса зерна) и озерненности метелки (количество зерен в метелке) как в благоприятных почвенных условиях, так и на фоне стресса (табл. 2). Влияние площади листьев на показатели продуктивности овса было значительнее на фоне эдафического стресса.

Таблица 2

**Коэффициенты корреляции (r) площади листьев с зерновой продуктивностью и количеством зерен в метелке**

Площадь	Фон**	Продуктивность		Зерен в метелке
		метелки	растения	
Флагового листа	1	0,59*	0,59*	0,43
	2	0,75*	0,72*	0,76*
Подфлагового листа	1	0,52*	0,59*	0,59*
	2	0,71*	0,69*	0,71*
Листьев главного стебля	1	0,40	0,37	0,59*
	2	0,67*	0,63*	0,70*

\* – корреляции значимы при  $p \leq 0,05$ ; \*\*1 – окультуренный и 2 – алюмокислый почвенный фон

Содержание фотосинтетических пигментов в листьях овса на дерново- подзолистых окультуренных (рН 6,4) и алюмокислых почвах (рН 4,0; Al<sup>3+</sup> 12,60 мг/100 г почвы) значительно различалось. Средний для изученных сортов показатель содержания *Chl a* на окультуренном фоне составил для флагового листа 13,19 мг/г сухой массы, при 13,67 мг/г сухой массы в контроле, для подфлагового – 8,11 и 8,28 соответственно (табл. 3).

Депрессия данных величин в условиях эдафического стресса составила соответственно для среднего показателя 46,5% и 55,4%. Она варьировала от 33,8% у 2h09 и 36,2% у И-4584 до 61,1% у И-4618.

Таблица 3

**Содержание хлорофилла во флаговом листе овса, мг/г сухой массы**

Сорт	Chl a			Chl b			Chl a + b		
	фон 1	фон 2	Д, %	фон 1	фон 2	Д, %	фон 1	фон 2	Д, %
И-3868	13,24	6,23	52,9	8,63	3,17	63,3	21,87	9,4	57,0
И-4553	11,27	6,39	43,3	6,75	3,25	51,9	18,02	9,64	46,5
И-4595	14,13	7,48	47,1	8,6	3,85	55,2	22,73	11,33	50,2
И-4584	14,74	9,41	36,2	9,54	5,25	45,0	24,28	14,66	60,4
И-4592	12,97	7,48	42,3	8,48	3,82	55,0	21,45	11,3	52,7
И-4618	13,82	5,37	61,1	8,5	2,64	68,9	22,32	8,01	64,1
397h07	13,28	7,02	47,1	7,93	3,59	54,7	21,21	10,61	50,0
418h07	14,47	7,42	48,7	8,8	3,75	57,4	23,27	11,14	52,1
2h09	11,88	7,86	33,8	6,94	4,03	41,9	18,82	11,89	36,8
378h08	12,47	5,65	54,7	7,98	2,84	64,4	20,45	8,49	58,5
168h10	12,56	7,09	43,6	7,63	3,49	54,3	20,19	10,58	47,6
3h14	13,93	6,83	51,0	7,96	3,42	57,0	21,89	10,25	53,2
Кречет	12,66	7,3	42,3	7,71	3,77	51,1	20,37	11,07	45,6
Среднее	13,19	7,04	46,5	8,11	3,64	55,4	21,3	10,64	51,9
Аргамак, ст.	13,67	9,17	32,9	8,28	4,86	41,3	21,95	14,03	36,08

\* – см. табл. 1.

В условиях эдафического стресса сумма хлорофиллов *a* и *b* (*Chl a+b*) была выше стандарта только у сорта И-4584 (14,66%), у которого превышение показателя сорта Аргамак отмечено как для суммарного содержания хлорофиллов, так и отдельно для *Chl a* и *Chl b* на обоих фонах. Повышенное относительно контроля содержание *Chl a* и *b*, *Chl a+b* в благоприятных почвенных условиях наблюдали, наряду с И-4584, у сортов И-4595, 418h07, И-4618.

Массовое соотношение пигментов – *Chl a* и *Chl b* может служить индикатором функционального состояния пигментного аппарата растения. При переходе от почвы с рН 6,4 к алюмокислой с рН 4,0 у всех генотипов увеличилось значение соотношения

*Chl a/Chl b* (эффект стимуляции признака) от 16,9% у сорта Кречет до 38,6% у стандарта (табл. 4).

Это обусловлено низким содержанием *Chl b*. Высокие, относительно стандарта, показатели массового соотношения пигментов *Chl a/Chl b* у большинства сортов на фоне стресса указывают на большую их способность к стрессадаптации – в условиях эдафического стресса у данных генотипов не происходило снижение скорости фотосинтеза [7]. С другой стороны это может свидетельствовать о нехватке растениям реакционных центров, в которых происходит преобразование солнечной энергии в химическую энергию органических соединений. Большую способность к адаптации в различных условиях возделывания проявили сорта 397h07, 2h09, 3h14 с массовым соотношением *Chl a* и *Chl b* выше стандарта в стрессовых и благоприятных почвенных условиях. Среди них – сорт 397h07, созданный с использованием метода сельскохозяйственной биотехнологии – каллусной культуры в селективных системах *in vitro* с алюминием ( $Al_{40}^{3+}$ ).

Каротиноиды – обязательные компоненты пигментных систем всех фотосинтезирующих организмов. Депрессия показателей содержания *Car* на фоне алюмокислых почв была ниже таковой для *Chl a* и *b* и составила в среднем по сортам 28,4%

(17,6...41,6%), наименьшие депрессия (17,4%) и абсолютное содержание каротина (2,66 мг/г сухой массы) были у стандарта Аргмак.

Таблица 4

**Изменение показателей массового отношения *Chl a* и *Chl b*, *Chl* и *Car*, содержания *Car* при воздействии эдафического стресса, мг/г сухой массы**

Сорт	<i>Chl a/ Chl b</i>			<i>Car</i>			<i>Chl/Car</i>		
	фон 1**	фон 2	С, %*	фон 1	фон 2	Д, %	фон 1	фон 2	Д, %
И-3868	1,54	1,97	127,9	2,96	2,03	31,4	7,4	4,65	37,2
И-4553	1,67	1,99	119,2	2,8	2,08	25,7	6,46	4,64	28,2
И-4595	1,64	1,97	120,1	3,35	2,33	30,4	6,79	4,86	28,1
И-4584	1,55	1,79	115,5	3,3	2,63	20,3	7,35	5,58	24,1
И-4592	1,53	1,96	128,1	2,93	2,34	20,1	7,34	4,83	34,2
И-4618	1,63	2,05	125,8	3,27	1,91	41,6	6,83	4,21	38,4
397h07	1,68	1,97	117,3	3,25	2,27	30,2	6,53	4,68	28,3
418h07	1,65	1,99	120,6	3,36	2,4	28,6	6,93	4,66	32,8
2h09	1,72	1,96	114,0	2,95	2,43	17,6	6,39	4,91	23,2
378h08	1,56	2,01	128,8	2,82	1,87	33,7	7,26	4,53	37,6
168h10	1,65	2,07	125,4	3,01	2,28	24,2	6,72	4,62	31,2
3h14	1,75	2,05	117,1	3,51	2,31	34,2	6,24	4,41	29,3
Кречет	1,66	1,94	116,9	3,22	2,21	31,4	6,8	5,0	26,5
среднее	1,63	1,98	121,3	3,13	2,24	28,4	6,81	4,74	30,7
Аргмак, ст.	1,66	1,89	138,6	3,22	2,66	17,4	6,8	5,28	22,4

\* – изменение показателей в условиях почвенного алюмокислого стресса: С – стимуляция (увеличение), Д – депрессия (снижение); \*\* – фон 1- рН 6,4,  $Al^{3+}$  отсутствует; фон 2 – рН 4,0;  $Al^{3+}$  12,6 мг/100 г почвы

Депрессия 17,6% при содержании *Car* 2,43 мг/г сухой массы в условиях стресса отмечены для сорта 2h09, что может указывать на его большую устойчивость к стрессу среди других перспективных генотипов. Ранее для данного сорта была отмечена устойчивость к стрессу по показателям содержания *Chl a* и *Chl b* (депрессия 33,8 и 41,9% соответственно). Устойчивость растений к неблагоприятным факторам понимается, как степень депрессии признака в результате воздействия неблагоприятного фактора [8].

Известно, что у устойчивых к стрессу форм растений амплитуда вызванных стрессом метаболических отклонений от нормы ниже, в результате депрессия меньше, чем у неустойчивых. Близкие к сорту 2h09 уровни депрессии содержания *Car*, *Chl a* и *Chl b* отмечены у сорта И-4584 (соответственно 20,3; 36,2; 24,28%). У данных сортов и стандарта Аргмак отмечены и наименьшие среди изученных генотипов показатели депрессии отношения *Chl/Car*: 2h09-23,2%; И-4584-24,1%; Аргмак – 22,4%. Весовое соотношение хлорофиллов и каротиноидов (*Chl a+b/Car*) является индикатором «зрелости» растений, его низкие значения являются показателями старения, стресса и повреждения фотосинтетического аппарата растения [9]. Высокое значение отношения *Chl/Car* на благоприятном и стрессовом почвенном фонах и относительно стандарта имел сорт И-4584, при депрессии 24,1%, что незначительно больше стандарта (на 1,7%). Несколько ниже был показатель отношения у сорта 2h09. У всех изученных генотипов, в т.ч. стандарта, значение соотношения *Chl(a+b) / Car* на почвах с рН близкой к нейтральной было выше нормы 4,2...5,0 [9]. Следовательно, растения испытывали стресс, связанный в данном случае с повышенным температурным фоном (на 2,9 °С выше средней многолетней в мае) и минимальным количеством осадков в период от всходов до выметывания (11 мм или 24% от месячной нормы в мае) в результате наблюдали ускоренное развитие растений. В тоже время показатели для абсолютного большинства генотипов на алюмокислых почвах были в

пределах нормы. Это, возможно, связано с одновременным действием двух стрессоров – кислотность и засуха, проявлением эпистаза, взаимодействием «генотип – среда», а также с влиянием каротиноидов, которые выполняют ряд функций и главные из них – участие в поглощении света в качестве дополнительных пигментов и защита молекул хлорофиллов от необратимого фотоокисления, т.е. функции защиты [10].

#### Выводы

Эдафический стресс дерново-подзолистых почв, обусловленный низкой рН (4,0), ионной токсичностью алюминия ( $Al^{3+}$  12,60 мг/100 г почвы) и неблагоприятными климатическими условиями (повышенные температуры и недостаточное увлажнение) оказывает негативное влияние на формирование и функционирование фотосинтетического аппарата овса – площади листьев, содержание пигментов. Депрессия средних показателей площади флагового листа составила 68,7%; подфлагового – 65,9%; площади листьев стебля – 67,9%. Среди пигментов наибольшая депрессия отмечена для показателей хлорофиллов *a* и *b* – 44,8 и 53,9% соответственно, более устойчивыми были каротиноиды. Наибольшую устойчивость к действию эдафических стрессовых факторов проявили перспективные сорта 2h09, И-4584, подтвердил устойчивость сорт-стандарт Аргамак, включенный в Госреестр РФ по 1, 2, 3, 4 регионам районирования, значительная часть почв которых характеризуются низкой рН. Изменение показателей содержания фотосинтетических пигментов, площади листьев овса, может служить для отбора устойчивых к эдафическому стрессу генотипов, диагностики эдафического и осмотического стрессов.

#### Литература

1. Климашевский Э.Л. Физиолого-генетические основы агрохимической эффективности растений // Физиологические основы селекции растений. СПб.: ВИР, 1995. Т. 2. Ч. 2. – С. 97-156.
2. Баталова Г.А. Селекция зерновых культур и гороха для условий Северо-Востока европейской территории России // Зернобобовые и крупяные культуры. 2015. № 2 (14). – С. 20-26.
3. Беденко В.П., Коломейченко В.В. Основы продуктивного процесса растений. – Орел, Изд. дом «Орлик», 2003. – 260 с.
4. Лисицын Е.М., Баталова Г.А., Щенникова И.Н. Генетическая основа алюмоустойчивости овса и ячменя // в кн.: Создания сортов овса и ячменя для кислых почв. Теория и практика. Palmarium Academic Publishing, Saarbrücken, Germany, 2012. – С. 173-228.
5. Родина Н.А. Селекция ячменя на Северо-Востоке Нечерноземья. Киров: Зональный НИИСХ Северо-Востока, 2006. – 488 с.
6. Николаев Ю.Н., Андросова О.В. Эффективное использование сортов и семенных ресурсов – основа устойчивого развития отрасли растениеводства Российской Федерации // Вестник Россельхозцентра. 2017. № 1. – С. 13-16.
7. Щенникова И.Н., Кокина Л.П., Лисицын Е.М. Изменение пигментного комплекса флаговых листьев ячменя под действием эдафического стресса // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2010. № 1 (16). – С.24-28.
8. Берлянд-Кожевников В.М., Удовенко Г.В. Физиолого-генетические аспекты селекции растений на устойчивость к экстремальным условиям // Тр. по прикл. бот., ген. и сел. 1981. Т. 71, вып. 1. – С. 34-40.
9. Lichtenthaler H.K., Buschmann C. Chlorophylls and carotenoids: measurement and characterization by UV-VIS spectroscopy // Current protocols in food analytical chemistry. 2001. F. 4.3.1-F. 4.3.8.
10. Зотикова А.П., Воробьева Н.А., Соболевская Ю.С. Динамика содержания и роль каротиноидов хвои кедрового сибирского в высокогорье // Вестник Башкирского ун-та, 2001. № 2 (II). – С. 67-69.

### ESTIMATION OF OAT PHOTOSYNTHETIC APPARATUS STATE IN BREEDING FOR RESISTANCE TO EDAPHIC STRESS

G.A. Batalova<sup>1,2</sup>, E.M. Lisitsyn<sup>1,2</sup>, M.V. Tulyakova<sup>3</sup>

<sup>1</sup> FGBNU «NORTH-EAST AGRICULTURAL RESEARCH INSTITUTE»

<sup>2</sup> FGBOU HE «VYATKA STATE AGRICULTURAL ACADEMY»

<sup>3</sup> FGBNU «FALENKI BREEDING STATION»

E-mail: g.batalova@mail.ru

**Abstract:** Under conditions of Kirov region influence of ecological factors unfavorable for agricultural crops – aluminum toxicity of sod-podzolic soils (pH 4,0;  $Al^{3+}$  12,6 mg/100 g of soil) and high temperature background in combination with low humidity – on photosynthetic apparatus (content of pigments and leaf area) of 14 varieties of covered oat was studied. Depression of pigment content in flag leaf at edaphic stress background was cleared: Chl *a* by 32,9...61,1%; Chl

*b – 41,3...68,9%; Car – 17,4...41,6%; and leaf area: flag leaf – by 48,6...83,2%; second leaf – 48,4...78,5%, other stem leaves – 50,4...82,9%. Perspective varieties were selected having resistance to edaphic stress factors: oats 2h09 and I-4584. High degree of resistance to stress was indicated for standard variety Agramak.*

**Keywords:** photosynthetic pigments, leaf area, depression.

УДК: 633.1.112.9:613.527(476).573.6

## О НАПРАВЛЕНИЯХ И МЕТОДАХ ПОВЫШЕНИЯ МОРФОГЕНЕТИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ И СЕЛЕКЦИОННОЙ ЦЕННОСТИ ТРИТИКАЛЕ

**А.М. МЕДВЕДЕВ**, член-корреспондент РАН

**Н.Г. ПОМА**, кандидат биологических наук

**В.В. ОСИПОВ, С.Д. ЖИХАРЕВ**, кандидаты сельскохозяйственных наук

ФГБНУ «МОСКОВСКИЙ НИИСХ «НЕМЧИНОВКА»

E-mail: priemnaya@nemchinowka.ru

*Обсуждаются результаты научных исследований по разработке получения на основе гибридизации пшеницы с рожью гексаплоидных тритикале с цитоплазмой пшеницы, а также других типов амфидиплоидов, включая секалотритикум с цитоплазмой ржи. Рассматриваются результаты экспериментов по созданию тритикале с применением разных видов мутагенеза, биотехнологических изысканий, способствующих формированию генотипов с повышенной продуктивностью растений и их экологической стабильности.*

**Ключевые слова:** тритикале, морфогенетическое разнообразие, мутагенез, секалотритикум, селекция, продуктивность.

### 1. Обзор результатов экспериментов по созданию амфидиплоидов тритикале

В настоящее время степень морфогенетического разнообразия тритикале в сравнении с результатами работ 50-70-х годов XX века значительно возросла. Селекционные программы отечественных и зарубежных научно-исследовательских организаций в своей основе опираются на широкое обилие первичных типов амфидиплоидов, несущих в себе наследственные начала стародавних и современных сортов озимых и яровых пшениц и ржи (Б.А. Ригин, И.Н. Орлова, 1977; А.И. Грабовец, А.В. Крохмаль, 2014).

Обязательным условием улучшения тритикале ученые признают непрерывное создание новых линий амфидиплоидов с участием первичных скрещиваний сортов пшеницы и ржи интенсивного типа, с повышенной устойчивостью к полеганию, обладающих продуктивным колосом, зерном высоких кормовых и хлебопекарных достоинств [1, 2]. Значительный вклад в расширение биоразнообразия тритикале внесли ряд отечественных и зарубежных ученых, в том числе: Г.К. Мейстер (1924), А.И. Державин (1964), В.Е. Писарев (1964), М.А. Махалин (1992), В.Ф. Дорофеев (1987), А.Ф. Шулындин (1970), Е.Н. Лартер (1978), Nakajima, (1968), А.И. Грабовец (2012), В.Б. Тимофеев (2000).

Повышение генетического разнообразия тритикале в большой мере зависит от разработки новых методов их получения. Возникновение новых типов полиплоидных форм зерновых культур стало возможным благодаря использованию двух групп методов: в основу первой заложено экспериментальное удвоение числа хромосом в соматических клетках, а при второй – применяются процессы рекомбинации в скрещиваниях [3, 4].

Кроме того, разработаны новые подходы, способы, приемы получения и улучшения амфидиплоидов с участием пшеницы и ржи (в качестве материнской формы – пшеница), а также создания секалотритикум, в качестве материнской формы которой используется рожь [5]. Большой интерес представляет получение амфидиплоидов с разным набором хромосом в соматических клетках, в первую очередь это октоплоидные ( $2n=56$ ) и гексаплоидные ( $2n=42$ ) тритикале [3]. Как известно из истории возникновения тритикале, первые амфидиплоиды