

The same lines, as a whole, surpass the Batrak in activity of antioxidant enzymes - catalase and peroxidase.

Keywords: peas, morphotype, water regime, root system, osmotic stress.

УДК635.655.581.1

ВЛИЯНИЕ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ НА ВОДНЫЙ РЕЖИМ, ПИГМЕНТНЫЙ КОМПЛЕКС И ПРОДУКТИВНОСТЬ СОИ

Е. В. ГОЛОВИНА, В. Н. ЗАЙЦЕВ, кандидаты сельскохозяйственных наук
ФГБНУ «ВНИИ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР»

Изучены водный режим, пигментный комплекс и урожайность сортов сои северного экотипа. Установлено: морфологические особенности сорта влияют на показатели водного баланса. По особенностям адаптивных реакций к недостатку влаги выделены две группы сортов.

Ключевые слова: соя, водный режим, хлорофилл, каротиноиды, продуктивность.

Продуктивность растений в большой степени зависит от агрометеорологических условий: температуры, влагообеспеченности, физико-химических свойств почвы. Потери урожая бобовых от засухи в условиях умеренно-континентального климата достаточно велики. Прогнозирование изменения климата в сторону потепления и аридности обостряет ситуацию. Степень отрицательного воздействия засухи определяется не только ее продолжительностью, но и возрастом и физиологическим состоянием растения. Устойчивость сельскохозяйственных культур к неблагоприятным почвенно-климатическим условиям должна быть обеспечена перестройкой физиологических и метаболических процессов в растениях, позволяющей снизить потери органических веществ, полученных в результате синтеза и реутилизации [1]. Достичь этого можно путем совершенствования агротехнологий и созданием сортов, способных формировать высокий урожай при воздействии стрессоров различной напряженности.

Большую регуляторную роль в жизнедеятельности растений играет их водный статус, оценка которого современными методами, в том числе физиологическими и биохимическими, позволяет выявить его влияние на ростовые, продукционные, адаптационные процессы при взаимодействии «генотип-среда».

Цель наших исследований состояла в оценке водного режима, состояния пигментного комплекса и продуктивности сортов сои северного экотипа в контрастных метеорологических условиях.

Методы исследования. В 2013-2015 гг. в полевых условиях на сортах сои Зуша, Красивая Меча, Ланцетная, Мезенка и Свапа селекции ВНИИЗБК проведены исследования водного режима растений сортов сои. Влажность листьев определяли весовым методом после высушивания при 90°C, относительную тургесцентность (относительное содержание воды) и водный дефицит вычисляли согласно методикам [2, 3], водоудерживающую и поглощающую способность оценивали методом завядания срезанных листьев [4]. Расчет содержания хлорофиллов и каротиноидов проводили по [5, 6, 7, 8].

2013-2015 годы различались по погодным условиям (табл. 1). 2013 год достаточно влажный, ГТК 1,5. В 2014 году за период вегетации выпало всего 184 мм осадков, ГТК 1,0. За 10 предыдущих лет меньше влаги было только в 2010 году (146 мм). 2015 год теплый (среднемесячная температура выше нормы на 1-3°C), влажный, ГТК равен 1,5.

Результаты исследований. Для понимания роли стрессоустойчивости сои в формировании урожая необходимо выявить физиолого-генетические механизмы регуляции формирования элементов продуктивности в неблагоприятных условиях среды. О роли

механизмов засухоустойчивости можно судить по результатам оценки различных показателей водного режима.

Содержание воды в листьях изменяется под влиянием различных внешних факторов и процессов, протекающих в самом растении. Основные параметры, определяющие оводненность листьев, количество выпавших осадков и температура воздуха.

Таблица 1

Агрометеорологические условия

Показатели	Месяцы					$\sum t \geq 10^\circ\text{C}$ за вегетационный период
	май	июнь	июль	август	сентябрь	
Средняя температура воздуха за месяц, $^\circ\text{C}$						
Средняя многолетняя	13,8	16,8	18,0	17,0	11,7	
2013 г.	18,0	19,8	18,8	19,0	10,6	1963,7
2014 г.	15,5	16,3	20,9	20,0	13,6	1920,9
2015 г.	14,9	18,4	18,8	19,2	15,6	1986,0
Количество осадков за месяц, мм						
Среднее многолетнее	51,0	73,0	81,0	63,0	67,0	\sum осадков, мм за вегетационный период
2013 г.	64,3	68,5	49,5	33,2	108,5	299,1
2014 г.	124	53,3	19,4	14,4	40,5	183,8
2015 г.	64,7	38,3	107,2	15,2	68,7	270,0

В 2013 году в период цветения выпало достаточное количество осадков и содержание воды в листьях высокое 86-87 % у всех сортов (табл. 2). В засушливом 2014 году оводненность листьев снизилась до 67-72 %. В 2015 году влажность листьев составила 75-77 %. В среднем за 3 года у сортов Зуши, Мезенки и Свапы оводненность листьев выше, чем у Ланцетной и Красивой Мечи на 2 %.

Таблица 2

Влажность листьев сортов сои, %. Налив бобов

Сорт	2013 г.	2014 г.	2015 г.	\bar{x}
Ланцетная	86	67	73	75
Красивая Меча	87	68	70	75
Зуша	86	71	73	77
Мезенка	86	72	72	77
Свапа	86	72	73	77
НСР ₀₅	1,004	1,576	1,763	

В 2013 году при достаточной влагообеспеченности водный дефицит (количество воды, недостающей до полного насыщения) составил в среднем по сортам 4,6 %, относительная тургесцентность (отношение содержащейся воды в листьях к ее количеству, обеспечивающему полный тургор) – 94 %. В 2015 году сложились наилучшие за три года условия по влагообеспеченности и водный дефицит снизился в среднем до 2,6 %, относительная тургесцентность увеличилась до 96 %. В засушливых условиях 2014 года эти показатели были на уровне 6 % и 89 % соответственно (табл. 3, 4). В среднем за три года у Зуши, Мезенки и Свапы водный дефицит несколько ниже, а относительная тургесцентность выше, чем у Ланцетной и Красивой Мечи.

Таблица 3

Водный дефицит тканей листьев сортов сои, %. Налив бобов

Сорт	2013 г.	2014 г.	2015 г.	\bar{x}
Ланцетная	5	8	3	5
Красивая Меча	5	6	3	5
Зуша	5	5	2	4
Мезенка	4	5	2	4
Свапа	4	6	3	4
НСР ₀₅	1,881	2,350	1,002	

Таблица 4

Относительная тургесцентность тканей листьев сои, %. Налив бобов

Сорт	2013 г.	2014 г.	2015 г.	\bar{x}
Ланцетная	91	88	96	92
Красивая Меча	95	89	95	93
Зуша	96	89	97	94
Мезенка	94	91	98	94
Свапа	96	91	96	94
НСР ₀₅	3,615	4,461	2,102	

Одним из показателей, служащим средством физиологического контроля за водным режимом, является водопоглощающая способность листьев. В 2013 и 2015 годах водопоглощающая способность в среднем по сортам составила 25-26 % (табл. 5). В 2014 году этот показатель при усилении дефицита влаги снизился в среднем по сортам до 14 %. Зуша, Свапа и Мезенка способны восстанавливаться после сильного обезвоживания в большей степени, чем Ланцетная и Красивая Меча.

Таблица 5

Водопоглощающая способность сортов сои

Сорт	2013 г.	2014 г.	2015 г.	\bar{x}
Ланцетная	12	13	18	14
Красивая Меча	23	10	22	18
Зуша	31	14	32	26
Мезенка	32	15	28	25
Свапа	28	16	32	25
НСР ₀₅	6,420	3,261	4,112	

В регулировании водообмена растений значительную роль играет их водоудерживающая способность, обусловленная содержанием в клетках осмотически активных веществ, способностью коллоидов к набуханию и проницаемостью клеточных мембран. При недостатке влаги увеличивается количество связанной воды и водоудерживающая способность. В засушливом 2014 году в фазу цветения этот показатель колебался от 18 до 28 % в зависимости от сорта (рис. 1). Отсутствие осадков в течение 20 суток в период от цветения до налива бобов способствовало росту водоудерживающей способности растений сои. У сортов, обладающих более высокой степенью засухоустойчивости, при усилении засухи водоудерживающие силы возрастают интенсивнее. У Свапы, Зуши и Мезенки водоудерживающая способность в налив бобов была максимальной и достигала 39 – 41 %, у Ланцетной и Красивой Мечи 31 и 34 % соответственно.

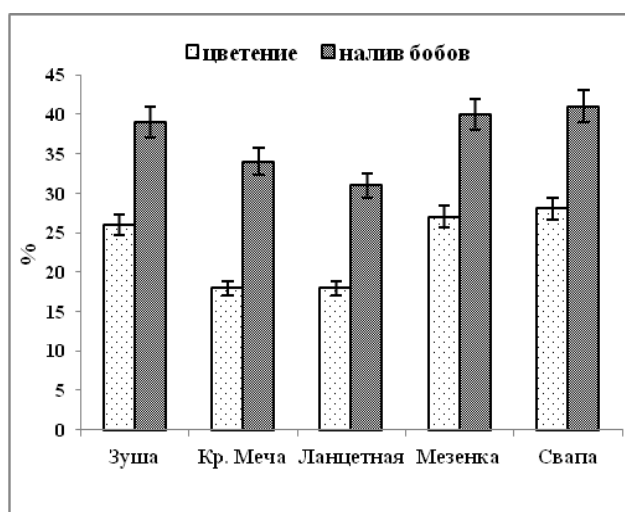


Рис. 1. Водоудерживающая способность тканей сортов сои, 2014 год

В среднем за 3 года водоудерживающая способность Мезенки, Зуши и Свапы выше, чем у Ланцетной и Красивой Мечи более чем на 30 % (табл. 6).

Таблица 6

Водоудерживающая способность тканей сортов сои

Сорт	2013 г.	2014 г.	2015 г.	— x
Ланцетная	33	31	27	30
Красивая Меча	19	34	33	29
Зуша	33	39	49	40
Мезенка	39	40	47	42
Свапа	30	41	36	36
НСР ₀₅	6,527	3,254	6,844	

Каротиноиды участвуют в системе защиты клеток от воздействия неблагоприятных факторов среды и от засухи в том числе. В засушливом 2014 году количество каротиноидов в листьях сортов сои в среднем по сортам выше, чем в 2013 и в 2015 годах на 52 % и на 102 % соответственно (рис. 2). Сорта Зуша, Свапа и Мезенка в 2014 году по содержанию каротиноидов превосходят Красивую Мечу и Ланцетную на 30,4 %.

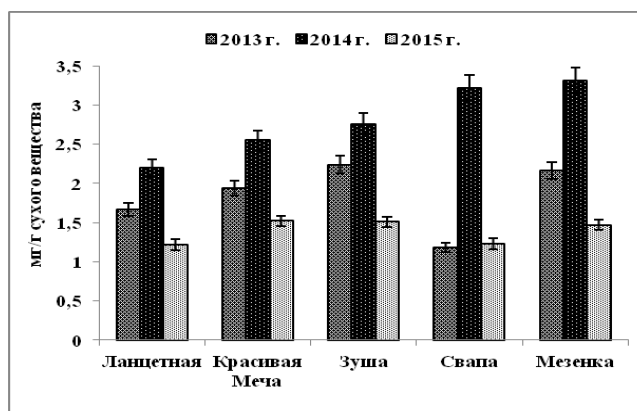


Рис. 2. Содержание каротиноидов в листьях сортов сои, начало плодообразования

Для различных видов растений установлено: у более стойких к засухе сортов на фоне недостаточного увлажнения наблюдается повышенное содержание зеленых пигментов [9, 10, 11]. В нашем опыте в засушливом 2014 году в среднем по сортам сумма Хл *a* + ХЛ *b* выше, чем в 2013 и 2015 годах на 32 % и 19 % соответственно (рис. 3). Максимальное содержание хлорофилла в 2013 году у Зуши и Свапы 10,0-10,1 мг/г сухого вещества. У Красивой Мечи за годы исследований этот показатель наиболее низкий по сравнению с другими сортами от 6,5 до 8,6 мг/г сухого вещества. Сорта Зуша, Мезенка и Свапа по 3-х летним данным превосходят Красивую Мечу и Ланцетную по количеству хлорофилла в листьях на 16 %.

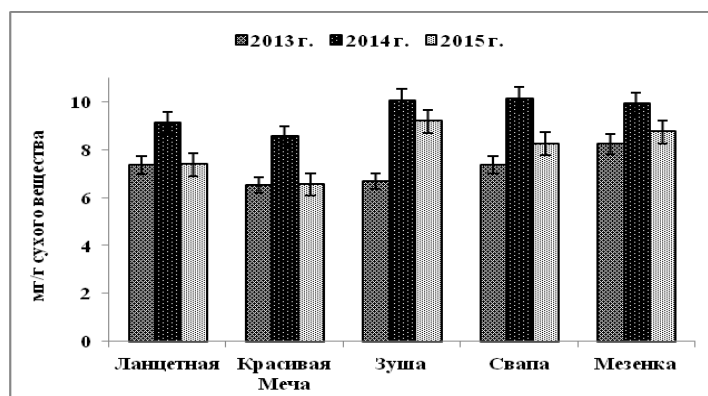


Рис. 3. Содержание Хл *a* + ХЛ *b* в листьях сортов сои, начало плодообразования

В 2014 году высокая засухоустойчивость и лучшая оводненность тканей сортов Зуши, Мезенки и Свапы, связанные с хорошим развитием корневой системы, привели к образованию на верхних ярусах невыполненных бобов, не успевших сформировать к уборке зрелые семена (табл. 7). Вегетативная масса у Зуши, Мезенки и Свапы в 2014 году также выше, чем у Красивой Мечи и Ланцетной.

Таблица 7

Хозяйственно ценные признаки сортов сои. Полная спелость

Сорт	Количество продуктивных бобов				Количество непродуктивных бобов				Длина стебля, см			
	2013 г.	2014 г.	2015 г.	— х	2013 г.	2014 г.	2015 г.	— х	2013 г.	2014 г.	2015 г.	— х
Ланцетная	27	19	49	31,7	2	1	1	1,3	83	73	70	75
Кр. Меча	24	20	41	28,3	2	1	1	1,3	93	63	64	73
Свапа	18	22	50	30,0	1	2	2	1,7	120	135	88	114
Зуша	20	31	39	30,0	1	4	4	3,0	101	101	87	96
Мезенка	22	31	52	35,0	1	4	2	2,3	105	120	95	107
НСР ₀₅	2,823	2,601	4,532		0,117	0,364	1,680		9,365	8,169	5,403	

Таблица 7

Хозяйственно ценные признаки сортов сои (продолжение)

Сорт	Вегетативная масса растения, г				Количество семян				Масса 1000 семян, г				Масса корня, г			
	2013 г.	2014 г.	2015 г.	— х	2013 г.	2014 г.	2015 г.	— х	2013 г.	2014 г.	2015 г.	— х	2013 г.	2014 г.	2015 г.	— х
Ланцетная	15,0	13,9	17,7	15,3	54	33	111	66,0	124	182	154	153	1,0	0,8	1,8	1,2
Кр. Меча	12,2	14,1	13,5	13,6	48	37	88	57,7	109	170	136	138	1,3	0,8	1,3	1,1
Свапа	11,7	15,4	15,4	13,8	40	37	117	64,7	121	143	121	128	1,5	1,4	1,9	1,6
Зуша	15,3	20,2	15,6	17,0	35	51	89	58,3	157	155	144	152	2,3	2,0	2,1	2,1
Мезенка	14,0	18,6	18,0	16,9	51	58	126	78,3	110	125	122	119	2,6	2,1	2,5	2,4
НСР ₀₅	2,226	3,155	3,420		4,970	5,264	9,184						0,857	1,020	0,997	

У сортов Красивая Меча и Ланцетная распределение пластических веществ более эффективно: минимальное количество непродуктивных бобов, более крупное зерно. Все это способствовало в 2014 году формированию у Красивой Мечи и Ланцетной достаточно высокой урожайности на уровне 2,6-2,8 т/га, несмотря на засушливые условия (табл. 8). Максимальная урожайность в среднем за 3 года у Мезенки 2,84 т/га. Соя наиболее требовательна к количеству влаги в период всходов, бутонизации и начала плодообразования. В 2014 году запас влаги во время прохождения соей этих фаз был достаточным. Отсутствие осадков в период налива бобов практически не повлияло на урожайность.

Таблица 8

Урожайность сортов сои, т/га

Сорт	2013 г.	2014 г.	2015 г.	\bar{x}
Красивая Меча	2,26	2,58	2,40	2,41
Ланцетная	2,46	2,77	2,42	2,55
Мезенка	2,84	2,59	3,08	2,84
Зуша	2,76	2,51	2,56	2,61
Свапа	2,60	2,58	2,82	2,67
НСР ₀₅	0,353	0,438	0,528	

Таким образом, изученные сорта используют различные физиологические механизмы адаптации к недостатку влаги. По показателям засухоустойчивости их можно разделить на 2 группы. Зуша, Мезенка и Свапа обладают лучшими показателями водного режима и более высоким содержанием хлорофиллов и каротиноидов в засушливых условиях. Ланцетная и

Красивая Меча более скороспелые, отличаются сбалансированным распределением пластических веществ, что позволяет уйти от негативного воздействия засухи в течение вегетации и сформировать урожай на уровне сортов 1-й группы.

Литература

1. Жученко А.А. Адаптивное растениеводство (эколого-генетические основы). Теория и практика: В трех томах. М.: изд-во «Агрорус», 2009. – 2014 с.
2. Tambussi E.A., Nogues S., Araus J.L. Earof durum wheat under water stress: water relations and photosynthetic metabolism // *Planta*, 2005. – V. 221. – P. 446-458.
3. Yordanov I., Tsonev T., Goltsev V. et al. Interactive effect of water deficit and high temperature on photosynthesis of sunflower and maize plants. 1. Changes in parameters of chlorophyll fluorescence induction kinetics and fluorescence quenching // *Photosynthetica*, 1997. – V. 3. – N. 3-4. – P. 391-402.
4. Кожушко Н. Н. Оценка засухоустойчивости полевых культур. // *Диагностика устойчивости растений к стрессовым воздействиям (методическое руководство)* под ред. Г. В. Удовенко. Л., 1988. ВИР. - С. 10-25.
5. Johnson D.A., Asay K.N. A technique for assessing seedling emergence under drought stress // *Crop Sci.*, 1978. – V. 18. – N 3. – P. 520.
6. Saint-Clair P.M. Germination of *Sorghum bicolor* under polyethylene glycol induced stress // *Canadian J. Plant Sci.*, 1976. – V. 56. – N 1. – P. 26.
7. Williams T.V., Shell R.S., Ellis J.F. Methods of measuring drought tolerance in corn // *Crop Sci.*, 1967. – V. 7. – N 3. – P. 179.
8. Lichtenthaler H.K., Wellburn A.R. Determinations of total carotenoids and chlorophylls *a* and *b* of leaf extracts in different solvents // *Biochem. Soc. Trans.*, 1983. – V. 11. – N 5. – P. 591-592.
9. Тарчевский И. А. Фотосинтез и засуха // Казань: Университет, 1964. - 197 с.
10. Шматько И.Г., Лукина Л.Ф. Изменение в водном режиме и пигментной системе сортов озимой пшеницы при дефиците влаги // В сб.: Рост и устойчивость растений. Киев: Наукова думка, 1965. - Вып. 1. - С. 258-262.
11. Кушниренко М.Д., Медведева Т.Н., Крюкова Е.В. Водный режим и состояние пластидного аппарата растений // *Физиология и биохимия культ. растений*, 1971. – Т. 3. – В. 6. – С. 563-568.

INFLUENCE OF WEATHER CONDITIONS ON A WATER REGIME, PIGMENTARY COMPLEX AND PRODUCTIVITY OF SOYA

E. V. Golovina, V. N. Zajcev

FGBNU «THE ALL-RUSSIA RESEARCH INSTITUTE OF LEGUMES AND GOAT CROPS»

Abstract: *Water regime, pigmental complex and productivity of varieties of soya of the northern ecotype are studied. It is found out that morphological features of a variety influence water balance indicators. By features of adaptive reactions to a moisture deficit two groups of varieties are determined.*

Keywords: soya, water regime, chlorophyll, carotenoids, productivity

УДК635.655:631.53

СОЯ КАК ПРЕДШЕСТВЕННИК ОЗИМЫХ КУЛЬТУР

В. Н. ЗАЙЦЕВ, А. И. ЗАЙЦЕВА, В. И. МАЗАЛОВ*,

кандидаты сельскохозяйственных наук

ФГБНУ «ВНИИ ЗЕРНОБОБОВЫХ И КРУПЯНЫХ КУЛЬТУР»

*ФГБНУ «ШАТИЛОВСКАЯ СХОС»

В статье рассмотрены вопросы возделывания сои в Центральном федеральном округе. Показана роль адаптивной селекции в создании скороспелых сортов сои для каждого агроэкологического района. Рекомендуются использование раннеспелых сортов сои в качестве предшественника озимых культур.

Ключевые слова: соя, сорт, скороспелость, детерминантность, отбор, транспирация, предшественник.

Для условий Центрального федерального округа Российской Федерации соя – новая нетрадиционная культура. В 2001 году в данном округе посевные площади занимали всего 7,94 тыс. га, тогда как в 2015 году – 530 тыс. га. Причем 93,2 % из этих площадей приходилось