

Научная статья

Original article

УДК: 633.11 «324»:631.84:631.445.51

DOI 10.55186/25876740_2023_7_5_34

**ВЗАИМОСВЯЗЬ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ И
ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ РАСТЕНИЙ ПОДСОЛНЕЧНИКА НА
ЗАСОЛЁННЫХ ПОЧВАХ ЦЕНТРАЛЬНОГО ПРЕДКАВКАЗЬЯ**
INTERRELATION OF MINERAL NUTRITION AND PHYSIOLOGICAL
PROCESSES OF SUNFLOWER PLANTS ON SALINE SOILS OF THE CENTRAL
CAUCASUS



Беловолова Алла Анатольевна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агрохимии и физиологии растений, ФГБОУ ВО Ставропольский государственный аграрный университет, (355017 Россия, г. Ставрополь, пер. Зоотехнический, д. 12), тел. +7(903) 418-50-12, E-mail: belovolova.alla@mail.ru

Громова Наталья Викторовна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агрохимии и физиологии растений ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет»(355017, г. Ставрополь, пер. Зоотехнический, д. 12, тел. +7(903)445-79-37, E-mail: nikolenko0812@mail.ru

Голосной Евгений Валериевич, доцент, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий кафедрой агрохимии и физиологии растений ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет»(355017, г. Ставрополь, пер. Зоотехнический, д. 12, тел. 8(8652) 35-22-82, E-mail: gosnoi@mail.ru

Устименко Елена Александровна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агрохимии и физиологии растений ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет»(355017, г. Ставрополь, пер. Зоотехнический, д. 12, тел. 8(8652) 35-22-82, E-mail: ustimenko_elena_26@mail.ru

Воскобойников Александр Владимирович, доцент, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агрохимии и физиологии растений ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет»(355017, г. Ставрополь, пер. Зоотехнический, д. 12, тел. 8(8652) 35-22-82, E-mail: agrofacultet@mail.ru

Bevololova Alla Anatolyevna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Agrochemistry and Plant Physiology, Stavropol State Agrarian University, (355017 Russia, Stavropol, Zootekhnicheskii Lane, 12), tel. +7(903) 418-50-12, E-mail: belovolova.alla@mail.ru

Gromova Natalya Viktorovna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Agrochemistry and Plant Physiology of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Stavropol State Agrarian University" (355017, Stavropol, Zootekhnii Lane, 12, tel. +7(903)445-79-37, E-mail: nikolenko0812@mail.ru

Golosnoy Evgeniy Valerievich, Associate Professor, Candidate of Agricultural Sciences, Head of the Department of Agrochemistry and Plant Physiology, Stavropol State Agrarian University (355017, Stavropol, Zootekhnicheskii Lane, 12, tel. 8(8652) 35-22-82 , E-mail: goslosnoi@mail.ru.

Ustimenko Elena Aleksandrovna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Agrochemistry and Plant Physiology of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Stavropol State Agrarian University" (355017, Stavropol, Zootekhnicheskii lane, 12, tel. 8(8652) 35-22-82, E - mail: ustimenko_elena_26@mail.ru.

Voskoboynikov Alexander Vladimirovich, Associate Professor, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Agrochemistry and Plant Physiology of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Stavropol State Agrarian University" (355017, Stavropol, Zootekhnicheskij Lane, 12, tel. 8 (8652) 35-22-82 , E-mail: agrofacultet@mail.ru).

Аннотация. Представлены результаты изучения влияния минеральных удобрений на процессы водообмена подсолнечника в условиях засоления. Важная роль в регулировании водного режима принадлежит минеральному питанию растений, способствующему эффективному протеканию физиологических процессов. Внесение в почву минеральных удобрений приводит к увеличению суммы альбуминов и глобулинов, которые участвуют в процессах связывания воды. Результаты исследований показывают различное физиологическое влияние азота и фосфора на коллоидную систему растений в зависимости от фазы развития подсолнечника. При этом, фосфор, обеспечивая непрерывное увеличение количества связанной фракции воды в общем водном балансе, способствует повышению интенсивности защитных реакций у растений. Незначительное действие азота проявляется только во второй половине вегетационного периода растений, что связано с преимущественным его поглощением и утилизацией в генеративную фазу развития подсолнечника. Существенного положительного влияния азотного питания на водоудерживающую способность тканей листьев и в последующем развитии растений. Так, в фазу цветения, через 48 часов после срезания, листья растений с пресного фона сохранили 6,4% , засоленного контроля – 11,9 , варианта с азотом 12,3 , фосфором - 14,0 и при совместном азотно-фосфорном питании – 16,1% воды от первоначального содержания.

Abstract. The results of studying the influence of mineral fertilizers on the water exchange processes of sunflower under salinity conditions are presented. An important role in regulating the water regime belongs to the mineral nutrition of plants, which

contributes to the effective course of physiological processes. The introduction of mineral fertilizers into the soil leads to an increase in the amount of albumins and globulins, which are involved in the processes of water binding. Research results show different physiological effects of nitrogen and phosphorus on the colloidal system of plants depending on the phase of sunflower development. At the same time, phosphorus, providing a continuous increase in the amount of bound water fraction in the general water balance, helps to increase the intensity of protective reactions in plants. The insignificant effect of nitrogen appears only in the second half of the growing season of plants, which is associated with its predominant absorption and utilization in the generative phase of sunflower development. A significant positive effect of nitrogen nutrition on the water-holding capacity of leaf tissues and in the subsequent development of plants. Thus, in the flowering phase, 48 hours after cutting, the leaves of plants from the fresh background retained 6.4%, the saline control - 11.9, the variant with nitrogen 12.3, phosphorus - 14.0, and with a combined nitrogen-phosphorus nutrition - 16.1% water of the original content.

Ключевые слова: водообмен, подсолнечник, засоление, растения, удобрения, почва, чернозём, фазы развития, бутонизация

Key words: water exchange, sunflower, salinity, plants, fertilizers, soil, chernozem, development phases, budding

В решении задач по увеличению производства растениеводческой продукции важная роль принадлежит повышению эффективности использования малопродуктивных земель, к категории которых относятся засоленные почвы [1, 2, 3].

Установлены закономерности в изменении физиологических процессов у культур и сортов, обладающих неодинаковой устойчивостью к солевому воздействию. При этом выявлена возможность использования физиологии адаптивных процессов растений для оценки их ответных реакций на засоление.

Изменение характера пигментного аппарата, а также реакция растений на "внезапное" внесение летальных концентраций солей могут быть использованы при оценке солеустойчивости растений.

Установлено, что недостаточная естественная обеспеченность засоленной почвы запасами доступных форм питательных элементов является одной из причин ингибирования роста, развития растений, снижения урожая и ухудшения его качества. Выявлена положительная роль фактора оптимизации минерального питания растений путем внесения удобрений в засоленную почву в повышении устойчивости к засолению, увеличении урожая и улучшении его качества. При этом изменения в использовании питательных элементов из почвы впервые рассматриваются в связи с уровнем их солеустойчивости [4, 5].

В черноземной, зоне Ставропольского края засоленные почвы занимают площадь 691 тыс. га, или 21% территории. На территории края преобладает хлоридносульфатный, сульфатный и сульфатно-хлоридный тип засоления почв. Степень засоления колеблется от слабой 0,1% до сильной 1,4% и более [6, 7].

Исследования выполнялись на слитых засоленных черноземах в Ставропольском крае, с целью выяснения особенностей влияния засоления на водообмен возделываемых здесь сельскохозяйственных культур. Засоление почвы, воздействуя на коллоидно-химические свойства протоплазмы клеток, изменяет характер водообмена растений.

Для характеристики водного режима растений изучались: общая оводненность листьев путем высушивания их при температуре 100-105° С до постоянного веса, содержание свободной и связанной воды по Н. А. Гусеву (1960), водоудерживающая способность тканей листьев по относительному количеству потерянной воды (Кожушко, 1976), дневной ход интенсивности транспирации методом быстрых периодических взвешиваний изолированных листьев по М.С. Миллер (1973). Исследование транспирации проводилось с 6 до 13 часов и сопровождалось учетами температуры и влажности воздуха.

Способность растений переносить обезвоживание определялось плазмолитическим методом (Генкель и Марголина, 1952), степень обезвоживания тканей листьев путем их подвядания, воздействием водоотнимающими факторами (Осипов и др., 1982), величина водного дефицита - по проценту недостающей воды для водонасыщения клеток.

Содержание в листьях альбуминов и глобулинов учитывали объемным методом, в основе которого лежит свойство их выпадать в осадок при полном насыщении раствора сернокислым натрием.

Изучалось влияние минеральных удобрений на процессы водообмена подсолнечника в условиях засоления.

При изучении гидрофильности коллоидов навеска измолотых сухих листьев помещалась в эксикатор с 10%-й H_2SO_4 . Разность массы материала, насыщенного влагой и абсолютно сухой навески принималась за гидрофильность коллоидов листьев (Строгонов, 1962).

Содержание хлорофилла и каротиноидов в листьях растений изучалась методом бумажной хроматографии (Сапожников, Бронштейн, Красовская, 1955).

В результате солевого воздействия, общее количество воды в органах растений изменяется в сторону уменьшения или же остаётся на уровне пресного контроля.

Исследования водообмена растений привели к разделению всей содержащейся в растениях воды на «свободную» и «связанную». В основу такого разделения положено различие свойств этих фракций и их неодинаковое физиологическое значение.

Свободная вода определяет активность физиологических процессов, а связанная - агрегативную устойчивость гидрофильных коллоидов, обуславливает стойкость организма против неблагоприятных условий внешней среды.

Увеличение содержания связанной воды в листьях растений, произрастающих на засоленных почвах, рассматривается как эколого-физиологическая реакция к действию засоления.

Важная роль в регулировании водного режима принадлежит минеральному питанию растений. Элементы питания способствуют повышению устойчивости коллоидов протоплазмы, поддерживая на надлежащем уровне их гидратацию, что создаёт оптимальную оводненность тканей растения и способствует лучшему протеканию всех физиологических процессов. Такое воздействие минеральных элементов имеет особое значение для условий засоления, где растения характеризуются затрудненным водоснабжением и изменениями в свойствах коллоидов.

Исследования фракционного состава воды в листьях подсолнечника показало, что засоление вызывает снижение общей оводненности их тканей и увеличение количества связанной воды (табл. 1). При этом, внесение в почву фосфора, а также его сочетание с азотом увеличивает содержание связанной воды не только абсолютно, но и по отношению к общей воде, что является весьма существенным в устойчивости растений к обезвоживающему фактору, каким является засоление.

Таблица 1 – Содержание общей, свободной и связанной воды в листьях подсолнечника (в % от сырой массы)

Вариант	Фазы развития											
	2-ая пара листьев				Бутонизация				Цветение			
	Общая	Свободная	Связанная	% связанной воды от общей	Общая	Свободная	Связанная	% связанной воды от общей	Общая	Свободная	Связанная	% связанной воды от общей
Без засоления (контроль)	90,35	77,70	12,65	14,00	87,15	72,75	14,40	19,79	83,50	67,70	15,80	18,92

Засоление без удобрения (контроль)	87,98	66,58	21,40	24,32	84,20	57,95	26,25	45,30	79,10	51,70	27,40	34,57
Засоление + N	88,20	68,20	20,00	22,66	85,60	58,60	27,00	46,07	81,20	51,50	29,70	36,57
Засоление + P	89,48	62,28	27,20	30,39	86,38	54,08	32,30	59,17	79,00	44,40	34,60	43,80
Засоление + NP	90,10	60,20	29,90	33,18	88,13	53,63	34,50	64,33	82,23	46,13	36,10	43,90

Наибольшее содержание как общей (82,23% – 90,10%), так и связанной (29,90% – 36,10%) воды по отдельным фазам развития отмечено на фоне внесения азотно-фосфорного удобрения. Внесение одного фосфорного удобрения приводило к возрастанию общей оводненности тканей листьев в первой половине вегетации растений, снижая её с возрастом. Процент связанной воды на этом фоне непрерывно растёт по фазам развития растений, что следует рассматривать как фактор устойчивости коллоидов к коагулирующему действию солей. Одностороннее азотное питание способствовало увеличению содержания общей воды в листьях в фазу цветения, а на количество связанной воды оказало незначительное влияние.

Связанная вода находится в прямой коррелятивной зависимости от осмотического давления клеточного сока растений. Осмотическое давление клеточного сока в листьях растений, произрастающих при засолении значительно выше, чем на пресном фоне.

Возрастание осмотического давления у растений, получивших минеральное питание, как установлено нашими исследованиями (табл. 2), связано с накоплением таких осмотически активных веществ, как углеводы.

Таблица 2 – Осмотическое давление клеточного сока листьев подсолнечника (в атм.)

Вариант	Фаза развития	
	Бутонизация	Цветение
Без засоления (контроль)	9,44	11,40
Засоление без удобрения (контроль)	13,15	14,10
Засоление + N	11,20	10,80
Засоление + P	14,33	15,13
Засоление + NP	13,60	15,05

Поэтому надо полагать, что увеличение осмотического давления растений этих вариантов обусловлено в большей мере новообразованием в клетках осмотически активных веществ.

Степень гидратации коллоидов находится в прямой и постоянной связи с содержанием основных компонентов живой протоплазмы, в образовании которых важную роль играют элементы минерального питания.

Засоление почвы приводит к заметному возрастанию таких гидрофильных коллоидных веществ, как альбумины и глобулины (табл. 3).

Таблица 3 – Содержание альбуминов и глобулинов в листьях подсолнечника (см³ в 5 граммах)

Вариант	Фаза развития					
	Бутонизация			Бутонизация		
	Альбумины	Глобулины	Сумма	Альбумины	Глобулины	Сумма
Без засоления (контроль)	0,3	0,6	0,9	0,4	0,8	1,2
Засоление без удобрения (контроль)	0,7	0,9	1,6	0,9	1,0	1,9
Засоление + N	0,9	0,8	1,7	0,9	1,1	2,0
Засоление + P	0,8	1,1	1,9	1,1	1,3	2,4

Засоление + NP	0,9	1,2	2,1	1,5	1,3	2,8
----------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Внесение в почву минеральных удобрений привело к увеличению суммы альбуминов и глобулинов, которые участвуют в процессах связывания воды. Результаты исследований показывают различное физиологическое влияние азота и фосфора на коллоидную систему растений в зависимости от фазы развития подсолнечника. При этом, фосфор, обеспечивая непрерывное увеличение количества связанной фракции воды в общем водном балансе, способствует повышению интенсивности защитных реакций у растений. Незначительное действие азота проявляется только во второй половине вегетационного периода растений, что связано с преимущественным его поглощением и утилизацией в генеративную фазу развития подсолнечника.

Элементы минерального питания оказывают определённое влияние на процессы внутриклеточного обмена, вызывая изменения физико-химических свойств протоплазмы клеток и водоудерживающей способности тканей растений.

Наличие фосфора в почве приводит к значительному увеличению водоудерживающей силы клеточной плазмы за счёт возрастания её гидратации, повышает агрегативную устойчивость гидрофильных коллоидов и сокращает скорость влагооборота.

Наблюдения, проведённые нами путём периодических взвешиваний срезанных от растений листьев в течение 48 часов показали, что растения засоленного фона отличаются замедленной потерей воды (табл. 4).

Таблица 4 – Интенсивность потери воды изолированными листьями подсолнечника (% от общего содержания)

Вариант	Содержание воды через часов, %								
	1	2	3	4	5	6	12	24	48
Без засоления (контроль)	74,4	68,2	60,0	54,1	49,5	45,4	34,8	24,1	11,3
Засоление без	76,0	73,8	68,3	62,1	55,5	49,0	41,3	31,0	17,9

удобрения (контроль)									
Засоление + N	73,6	72,0	59,7	55,1	51,0	50,1	41,1	32,3	17,4
Засоление + P	78,3	77,0	71,2	64,1	60,4	56,5	49,6	34,5	22,0
Засоление + NP	78,9	77,2	70,5	63,8	61,0	57,3	48,0	35,0	22,8

Так, через 48 часов после срезания, листья растений засоленного фона сохранили 17,9%, а пресного – 11,3% воды от первоначального её содержания.

Фосфорное и азотно-фосфорное питание способствовало повышению водоудерживающей способности клеток листьев. Листья растений, произраставших на азотном фоне, отличались более интенсивной водоотдачей в сравнении с засоленным контролем, что подтверждает повышение активности воды под действием азотного питания.

Наиболее важной стороной влияния ранней азотной подкормки является уменьшение количества коллоидно-связанной воды и водоудерживающей силы.

В наших исследованиях не отмечалось существенного положительного влияния азотного питания на водоудерживающую способность тканей листьев и в последующем развитии растений. Так, в фазу цветения, через 48 часов после срезания, листья растений с пресного фона сохранили 6,4% , засоленного контроля – 11,9 , варианта с азотом 12,3 , фосфором - 14,0 и при совместном азотно-фосфорном питании – 16,1% воды от первоначального содержания.

Способность растений, получавших фосфорное и азотно-фосфорное питание, сильнее удерживать воду в своих тканях, очевидно, связано с влиянием этих элементов на свойства коллоидной системы, которые обеспечивали повышение её гидрофильности.

В наших опытах гидрофильность коллоидов при засолении почвы возрастала (9,70% при 8,68% на пресном контроле). Наибольшие её величины (10,85 – 11,20%) наблюдались при фосфорном и азотно-фосфорном питании растений.

При произрастании на засоленной почве подсолнечник характеризуется заметными изменениями в пигментном обмене. Накопление хлорофилла в листьях при этом является более высоким. Его содержание в растениях достигает максимума в фазу бутонизации, а ко времени массового цветения снижается.

У растений, получавших азотно-фосфорите питание максимальное содержание хлорофилла отмечается к фазе цветения (табл. 5).

Таблица 5 – Динамика содержания хлорофилла в листьях подсолнечника (% на абсолютную сухую массу)

Вариант	Фаза развития					
	2-я пара листьев		бутонизация		цветение	
	абсолютная величина	% к контролю	абсолютная величина	% к контролю	абсолютная величина	% к контролю
2019 год						
Без засоления (контроль)	0,82	91,1	0,89	90,8	0,87	93,5
Засоление без удобрения (контроль)	0,90	100	0,98	100	0,93	100
Засоление +№	1,06	117,7	1,32	134,7	1,44	154,8
Засоление + P	0,91	101,1	1,00	102,0	0,99	106,4
Засоление +№P	1,21	134,4	1,39	141,8	1,41	151,6
2020 год						
Без	0,93	80,8	0,98	72,0	0,91	81,9

засоления (контроль)						
Засоление без удобрения (контроль)	1,15	100	1,36	100	1,11	100
Засоление +	1,43	124,3	1,59	116,8	1,62	145,9
Засоление + P	1,17	101,7	1,38	101,4	1,29	116,2
Засоление +	1,56	135,6	1,62	119,1	1,65	148,6

По данным ряда исследований полное минеральное, а также одностороннее азотное питание значительно повышает содержание хлорофилла в ассимиляционных органах растений, что связано с участием азота в формировании строения молекул этого пигмента.

В отношении роли фосфора в образовании хлорофилла в растениях имеется противоречивые сведения. Некоторые авторы указывают на снижение, тогда как другие отмечают значительное возрастание содержания хлорофилла в листьях растений под действием фосфора.

Противоречивость мнений, вероятно, связана с тем, что исследователи не всегда рассматривали влияние солей на пигментный обмен в онтогенезе растений и использовали растительные объекты, обладающие неодинаковой солеустойчивостью, от которой нередко зависит реакция пигментного аппарата на солевое воздействие.

В наших исследованиях внесение фосфорного удобрения в засоленную почву до фазы бутонизации растений оказало некоторое положительное действие на накопление хлорофилла, которое увеличивалось к фазе цветения.

До фазы бутонизации включительно засоление угнетает образование и накопление каротиноидов в листьях подсолнечника (табл.6).

В наибольшей мере подавлено образование виолксантина. В фазу цветения действие засоления на образование и накопление каротиноидов не сказывалось, что, очевидно, связано с повышением устойчивости пигментного аппарата к засолению в этот период.

Питательные элементы, внесённые в засоленную почву, в основном усиливают накопление каротиноидов в растениях, что может быть объяснено их ролью в процессах, связанных с их биосинтезом.

Анализ полученных данных свидетельствует о возрастании накопления хлорофилла в листьях подсолнечника под влиянием засоления. Количество каротиноидов, при этом, сокращается, но ингибирующее воздействие засоления на их накопление уменьшается с возрастом растений.

Таблица 6 – Динамика содержания каротиноидов в листьях подсолнечника (% на абсолютно сухую массу)

Вариант	Фаза развития								
	2-я пара листьев			бутонизация				цветение	
	каротин	лютеин	виолкс антин	каротин	лютеин	виолкс антин	каротин	лютеин	виолкс антин
Без засоления (контроль)	0,32	0,17	0,09	0,36	0,20	0,13	0,33	0,18	0,12
Засоление без удобрения (контроль)	0,24	0,13	0,06	0,34	0,21	0,11	0,36	0,14	0,14
Засоление +№	0,26	0,14	0,08	0,34	0,20	0,11	0,36	0,17	0,15
Засоление + P	0,27	0,17	0,08	0,36	0,21	0,12	0,38	0,20	0,12
Засоление +№P	0,29	0,18	0,10	0,37	0,23	0,14	0,41	0,19	0,13

Повышение уровня азотно-фосфорного питания внесением удобрений в засоленную почву увеличивает насыщенность тканей листьев как хлорофиллом, так и каротиноидами.

Большинство исследователей сходится во мнении об ингибировании фотосинтеза под действием засоления среды, которое объясняется различными причинами: разрушением хлорофилла ионами хлора, понижением активности воды в листьях растений под действием засоления, гидратацией протоплазменных коллоидов, изменениями физико-химических свойств протоплазмы и ее включений, действием солей на ферментативные реакции темновой фазы фотосинтеза, чрезмерной гидратацией коллоидов пластид и протоплазмы ассимилирующих клеток под влиянием накапливающегося в них катиона натрия, повышенным дыханием растений.

Таким образом, улучшение минерального питания подсолнечника на засоленной почве способствует изменениям, приводящим к повышению содержания в тканях листьев гидрофильных коллоидов, степени их гидратации и водоудерживающих сил. Эти изменения оказывают заметное воздействие и на темпы расходования воды растениями через транспирацию.

Засоление почвы снижает интенсивность транспирации и оводненность тканей у различных культур, что сказывается на уровне физиологических процессов.

Физиологическое воздействие элементов питания на водообмен является неодинаковым. На сокращение расхода воды через транспирацию под действием фосфора указывают наши исследования. В первую очередь, изменяются коллоиды протоплазмы клеток в сторону повышения их гидрофильности и более высокого содержания связанной воды в листьях подсолнечника при фосфорном питании. Эти изменения обеспечивают и наибольшую стойкость клеточной протоплазмы к действию солей.

Устойчивость клеток к солевому воздействию в определённой мере может характеризоваться их способностью переносить обезвоживание.

Наблюдения, проведённые в разные фазы вегетации подсолнечника показали, что на фоне внесения в засоленную почву фосфора, а также фосфора с азотом, число плазмолизированных клеток после 2-х часового пребывания листьев в эксикаторе над 50%-ной серной кислотой составляло 40-45% и 34-43% от общего количества просмотренных в поле зрения микроскопа, тогда как на контрольном варианте оно колебалось от 45% до 56%.

Обобщение экспериментальных данных по влиянию почвенных солей, а также азотных и фосфорных удобрений на водный режим подсолнечника показывает, что засоление вызывает снижение общей оводненности тканей листьев и увеличение удельного веса фракции связанной воды, что является результатом действия солей на количество и физико-химические свойства коллоидов протоплазмы клеток.

Внесение в засоленную почву фосфорного и фосфорно-азотного удобрений увеличивает содержание в растениях коллоидов, их гидрофильность, водоудерживающую способность, устойчивость клеток листьев к обезвоживанию и обуславливает экономное расходование воды через транспирацию, в напряжённые по водному балансу часы, с сохранением необходимой водонасыщенности ассимиляционной ткани.

Питательные элементы, внесённые в засоленную почву, в основном усиливают накопление каротиноидов в растениях, что может быть объяснено их ролью в процессах, связанных с их биосинтезом.

Анализ полученных данных свидетельствует о возрастании накопления хлорофилла в листьях подсолнечника под влиянием засоления. Количество каротиноидов, при этом, сокращается, но ингибирующее воздействие засоления на их накопление уменьшается с возрастом растений.

Литература

1. Эффективность применения жидких и твердых азотных минеральных удобрений в ранневесеннюю подкормку посевов озимой пшеницы / А. Н. Есаулко, Г. А. Гарибджанян, Е. В. Голосной, Н. В. Громова // Земледелие. – 2020.

– № 3. – С. 38-40. – DOI 10.24411/0044-3913-2020-10310.

2. Фотосинтетическая активность посевов сои в зависимости от сорта в условиях Центрального Предкавказья / О. Г. Шабалдас, А. Н. Есаулко, О. И. Власова, И. А. Вольтерс // Земледелие. – 2022. – № 8. – С. 31-34. – DOI 10.24412/0044-3913-2022-8-31-34.

3. Есаулко, А. Н. Влияние пигментной системы растений различных сортов на продуктивность озимой пшеницы, возделываемой по технологии No-till / А. Н. Есаулко, Е. В. Письменная, М. Ю. Азарова // Земледелие. – 2021. – № 3. – С. 10-14. – DOI 10.24411/0044-3913-2021-10302.

4. Оптимизация минерального питания подсолнечника в условиях Центрального Предкавказья / А. Н. Есаулко, А. С. Котова, М. К. Р. Аль-Аттафи [и др.] // Плодородие. – 2022. – № 6(129). – С. 12-14. – DOI 10.25680/S19948603.2022.129.03.

5. Combined impact of climate change and land qualities on winter wheat yield in central fore-caucasus: The long-term retrospective study / V. Erokhin, A. Esaulko, E. Pismennaya [et al.] // Land. – 2021. – Vol. 10, No. 12. – DOI 10.3390/land10121339.

6. Influence of Soil Salinity and Fertilizers on Seed Germination and Formation of Vegetative Organs of Sunflowers / A. A. Belovolova, A. N. Esaulko, N. V. Gromova [et al.] // The Challenge of Sustainability in Agricultural Systems. – Heidelberg : Springer International Publishing, 2021. – P. 917-923. – DOI 10.1007/978-3-030-72110-7_100.

7. Беловолова А.А., Громова Н.В., Голосной Е.В. Солеустойчивость зернобобовых культур и их сортовая разнокачественность // Вестник АПК Ставрополя. 2021. № 4 (44). С. 21-26. DOI: 10.31279/2222-9345-2021-10-43-21-26.

References:

1. The effectiveness of the use of liquid and solid nitrogen mineral fertilizers in the early spring top dressing of winter wheat crops / A. N. Esaulko, G. A. Garibdzhanyan, E. V. Golosnoy, N. V. Gromova // Agriculture. - 2020. - No. 3. - P. 38-40. – DOI 10.24411/0044-3913-2020-10310.

2. Photosynthetic activity of soybean crops depending on the variety in the

conditions of the Central Ciscaucasia / O. G. Shabalda, A. N. Esaulko, O. I. Vlasova, I. A. Volters // *Agriculture*. - 2022. - No. 8. - P. 31-34. – DOI 10.24412/0044-3913-2022-8-31-34.

3. Esaulko, A. N., Pismennaya E. V., Azarova M. Yu. Influence of the pigment system of plants of different varieties on the productivity of winter wheat cultivated using the No-till technology / A. N. Esaulko, E. V. Pismennaya, M. Yu. Azarova // *Agriculture*. - 2021. - No. 3. - P. 10-14. – DOI 10.24411/0044-3913-2021-10302..

Optimization of mineral nutrition of sunflower in the conditions of the Central Ciscaucasia / A. N. Esaulko, A. S. Kotova, M. K. R. Al-Attafi [et al.] // *Fertility*. - 2022. - No. 6(129). - S. 12-14. – DOI 10.25680/S19948603.2022.129.03.

5. Combined impact of climate change and land qualities on winter wheat yield in central fore-caucasus: The long-term retrospective study / V. Erokhin, A. Esaulko, E. Pismennaya [et al.] // *Land*. 2021. Vol. 10, No. 12. DOI 10.3390/land10121339.

6. Influence of Soil Salinity and Fertilizers on Seed Germination and Formation of Vegetative Organs of Sunflowers / A. A. Belovolova, A. N. Esaulko, N. V. Gromova [et al.] // *The Challenge of Sustainability in Agricultural Systems*. – Heidelberg : Springer International Publishing, 2021. – P. 917-923. – DOI 10.1007/978-3-030-72110-7_100.

7. Belovolova A.A., Gromova N.V., Golosnoy E.V. Salt resistance of leguminous crops and their varietal diversity // *Bulletin of Agroindustrial complex of Stavropol*. 2021. No. 4 (44). pp. 21-26. DOI: 10.31279/2222-9345-2021-10-43-21-26.

© Беловолова А.А., Громова Н.В., Голосной Е.В., Устищенко Е.А., Воскобойников А.В., 2023. *International agricultural journal*, 2023, №5, 1852-1869.

Для цитирования: Беловолова А.А., Громова Н.В., Голосной Е.В., Устищенко Е.А., Воскобойников А.В. ВЗАИМОСВЯЗЬ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ И ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ РАСТЕНИЙ ПОДСОЛНЕЧНИКА НА ЗАСОЛЁННЫХ ПОЧВАХ ЦЕНТРАЛЬНОГО ПРЕДКАВКАЗЬЯ // *International agricultural journal*. 2023. №5, 1852-1869.