

Оригинальная статья

<https://doi.org/10.26897/1997-6011-2024-3-21-30>

УДК 633.34:575.224



## ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ВЛАГООБЕСПЕЧЕННОСТИ ВЕГЕТАЦИОННОГО ПЕРИОДА НА ПРОДУКТИВНОСТЬ СОРТОВ СОИ РАЗЛИЧНОГО ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОГО НЕЧЕРНОЗЕМЬЯ

М.Е. Бельшкіна

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ; 109428, г. Москва, 1-й Институтский проезд, 5, Россия

**Аннотация.** В статье представлены результаты агроэкологических испытаний сортов различного эколого-географического происхождения в условиях Рязанской области. Проанализированы агроклиматические характеристики региона возделывания и установлены параметры сортовой реакции на условия влагообеспеченности вегетационного периода. В последние несколько десятилетий на территории Рязанской области фиксируется локальное потепление климата с возрастанием количества засушливых лет. За годы проведения исследований температурные значения превышали среднеголетние на 2-6°C, суммы активных температур в среднем составили 2400-2600°C, количество выпадающих осадков за вегетацию варьировало в интервале 255-265 мм, при этом значение ГТК в среднем составило 0,7-1,1. Продолжительность вегетационного периода изучаемых сортов в годы с оптимальной влагообеспеченностью (ГТК 0,7-1,4) составила 95-105 дней, при недостатке влаги – 78-95 дней, при избыточном увлажнении – 98-125 дней. На урожайность сои оказывает непосредственное влияние влагообеспеченность в критические для нее периоды бутонизации-цветения- образования плодов. С ростом температурных значений и снижением количества выпавших осадков закономерно снижается урожайность. Количество осадков, выпавших в июле, было критически значимым для сортов сои северного экотипа, на генеративное развитие и последующую семенную продуктивность южных и дальневосточных сортов оказывали существенное влияние осадки в августе. Целью исследований являлось определение реакции сортов сои различного эколого-географического происхождения на условия влагообеспеченности в Центральном Нечерноземье. Таким образом, чтобы снизить риски недополучения потенциально возможной урожайности в разные по агрометеорологическим условиям годы, рекомендуется наполнять ассортимент сортами разного эколого-географического происхождения, которые способны стабильно вызревать в регионе, а также при оптимальных агроклиматических условиях обеспечивать высокую урожайность и сбор белка с единицы площади.

**Ключевые слова:** влагообеспеченность вегетационного периода, соя (*Glycine hispida* L.), сорта, агроэкологические испытания, Центральное Нечерноземье, агрометеорологические условия, продуктивность

**Формат цитирования:** Бельшкіна М.Е. Влияние условий влагообеспеченности вегетационного периода на продуктивность сортов сои различного эколого-географического происхождения в условиях Центрального Нечерноземья // Природообустройство. 2024. № 3. С. 21-30. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2024-3-21-30>

Scientific article

## THE INFLUENCE OF MOISTURE AVAILABILITY CONDITIONS OF THE GROWING SEASON ON THE PRODUCTIVITY OF SOYBEAN VARIETIES OF VARIOUS ECOLOGICAL AND GEOGRAPHICAL ORIGIN IN THE CONDITIONS OF THE CENTRAL NON-CHERNOZEM REGION

M.E. Belyshkina

Federal Scientific Agro engineering Center VIM, 109428, Moscow, 1st Institute Pas., 5, Russia

**Abstract.** The article presents the results of agroecological tests of varieties of various ecological and geographical origins in the conditions of the Ryazan region. The agro-climatic characteristics

of the cultivation region are analyzed and the parameters of the varietal reaction to the conditions of moisture availability of the growing season are established. Over the past few decades, local climate warming has been recorded in the Ryazan region with an increase in the number of dry years. Over the years of research, temperature values exceeded the long-term average by 2-6°C, the sum of active temperatures averaged 2400-2600°C, the amount of precipitation during the growing season varied in the range of 255-265 mm, while the value of the GTC averaged 0.7-1.1. The duration of the growing season of the studied varieties in years with optimal moisture availability (GTC0.7-1.4) was 95-105 days, with a lack of moisture – 78-95 days, with excessive moisture – 98-125 days. The yield of soybeans is directly affected by moisture availability during the critical periods of budding – flowering – fruit formation. With an increase in temperature values and a decrease in the amount of precipitation, yields naturally decrease. The maximum yield of soybeans reaches at a temperature of 20-24°C and precipitation of 100-120 mm in the period R1–R6 (flowering – full filling of seeds). The most precocious soybean varieties were of the northern ecotype, followed by southern and Far Eastern varieties. The amount of precipitation that fell in July was critically significant for soybean varieties of the northern ecotype, the generative development and subsequent seed productivity of southern and Far Eastern varieties were significantly influenced by precipitation in August. The purpose of the research was to determine the reaction of soybean varieties of different ecological and geographical origin to the conditions of moisture supply in the Central Non-Black Earth Region. Thus, in order to reduce the risks of loss of potential yields in years different in agrometeorological conditions, it is recommended to fill the assortment with varieties of different ecological and geographical origin that are able to mature stably in the region, as well as under optimal agro-climatic conditions to ensure high yields and protein harvesting per unit area.

**Keywords:** soybeans (*Glycine hispida* L.), varieties, agroecological tests, Central Non-Chernozem region, agrometeorological conditions, productivity

**Format of citation:** Belyshkina M.E. The influence of moisture availability conditions of the growing season on the productivity of soybean varieties of various ecological and geographical origin in the conditions of the Central Non-Chernozem region // *Prirodoobustrojstvo*. 2024. No.3. P. 21-30. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2024-3-21-30>

**Введение.** В связи с глобальным и локальным потеплением климата сумма активных температур в Центральном Нечерноземье возросла в среднем на 200-250°С, граница соеводства сдвинулась на 200-250 км в сторону высоких широт, что расширило возможности возделывания сои в этой зоне и позволило увеличить ассортимент сортов, в том числе за счет скороспелых сортов дальневосточной и южной селекций [1-3].

Аридизация климата Центрального Нечерноземья, произошедшая на фоне его потепления, проявившаяся в уменьшении суммы осадков за вегетацию на 180-200 мм и увеличении продолжительности засушливых периодов, свидетельствует о необходимости уделять более пристальное внимание решению вопросов влагообеспеченности культуры [4-6]. Известно, что у сои недостаток влаги, особенно в критический период водопотребления (от фазы цветения до фазы полного налива семян), отрицательно сказывается на всем продукционном процессе, величине урожая и его качестве [7-9].

**Цель исследований:** определить реакцию сортов сои различного эколого-географического происхождения на условия влагообеспеченности в Центральном Нечерноземье.

#### Материалы и методы исследований.

Исследования по агроэкологическому испытанию раннеспелых сортов сои проводились в 2008-2020 гг. на экспериментальной базе Института семеноводства и агротехнологий – филиала ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», расположенного в Рязанском районе, с. Подвязье. Почва опытного участка – темно-серая лесная, тяжело-суглинистая. Реакция почвенного раствора рН<sub>сол</sub> (ГОСТ 26483) – 5,2; содержание гумуса по методу Тюрина (ГОСТ 26213) – 5,8%. Содержание подвижного фосфора по методу Кирсанова (ГОСТ Р 54650-2011) – 191,4 мг/кг; содержание обменного калия по Масловой (ГОСТ 26210) – 108,5 мг/кг, азота нитратного – 8,4 мг/кг (ГОСТ 26951-86), азота аммонийного – 1,57 мг/кг почвы (ГОСТ 26489-85).

Изучались три группы сортов сои: северного экотипа (Магева, Окская, Светлая, Касатка, Георгия), полученные в Институте семеноводства и агротехнологий – филиале ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»; южные (Лира, Аванта, Бара), полученные в ФГБНУ ФНИЦ «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур имени

В.С. Пустовойта» и ООО Компания «Соевый комплекс»; дальневосточные (Персона, Умка, Лидия, Грация), полученные в ФГБНУ ФНЦ «Всероссийский научно-исследовательский институт сои».

Исследования выполнялись по общепринятым методикам [10]. Посев проводился в оптимальные сроки при прогревании почвы на глубине заделки семян на уровне 12-15°C. Способ посева – обычный рядовой с шириной междурядий 15 см, повторность – четырехкратная, густота стояния растений после всходов – 600 тыс. шт. растений на 1 га, размещение делянок – рендомизированное, площадь учетной делянки – 18 м<sup>2</sup>. Учет урожайности производился методом сплошной уборки с приведением урожая семян к стандартной 14%-ной влажности и 100%-ной чистоте.

**Результаты и их обсуждение.** Ввиду достаточно существенных различий по степени влагообеспеченности вегетационного периода в результате подсчета суммарного ГТК за вегетацию были выделены три группы лет по степени влагообеспеченности вегетационного

периода: засушливые (ГТК < 0,7); близкие к оптимальным (ГТК 0,7-1,4); с избыточной влагообеспеченностью (ГТК > 1,4). Засушливые условия были зафиксированы в 2009, 2010, 2011, 2018, 2019 гг., близкими к оптимальным были условия 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017 гг. вегетационных периодов, значительно реже фиксировались годы с избыточной влагообеспеченностью – 2008, 2020 гг.

В годы проведения исследований было отмечено превышение температурных значений над среднемноголетними в среднем на 2-6°C (рис. 1). Средняя температура за май-август составляла 19,0-21,0°C.

Таким образом, подтверждается гипотеза о постепенном повышении средних температур за вегетационный период. Суммы активных температур за вегетацию составляли в среднем за годы исследований около 2500°C, минимальное значение было зафиксировано в 2008 г. и составило 1824°C, максимальное – в 2010 г., составив 2919°C.

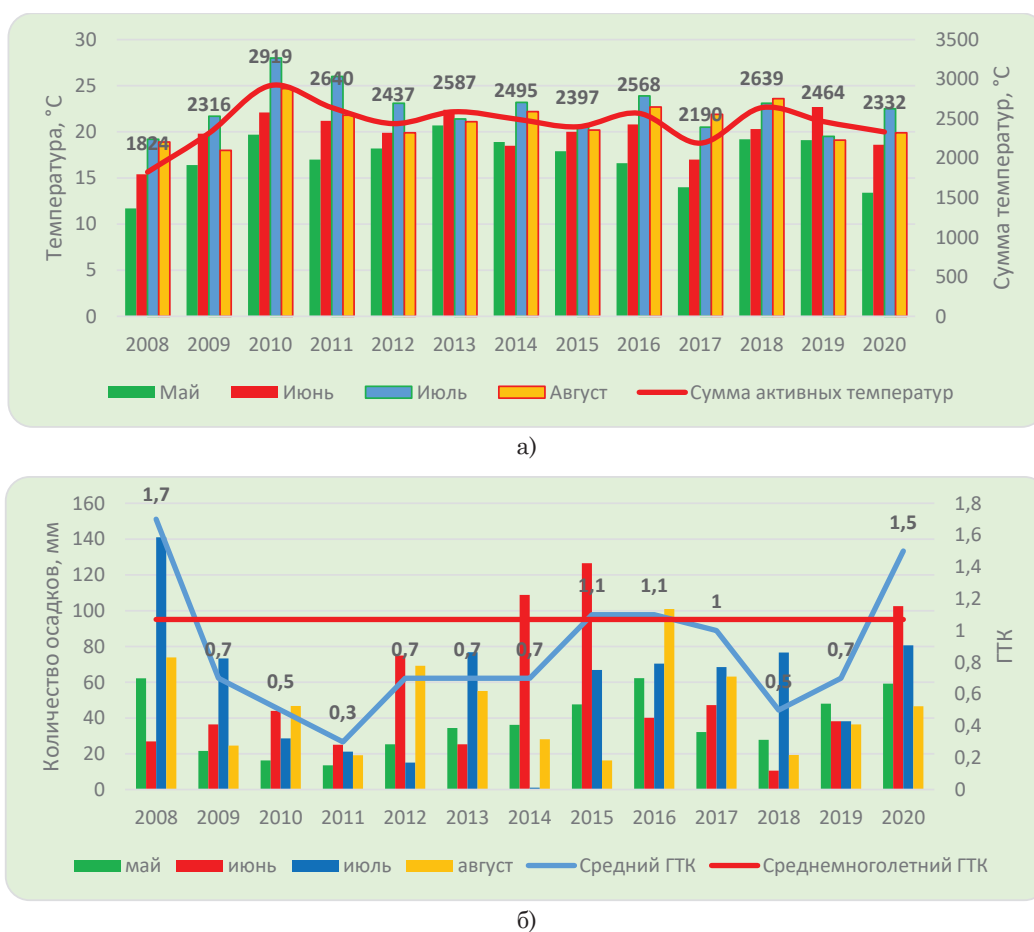


Рис. 1. Агрометеорологические условия в годы проведения исследований:

а) среднемесячные температуры воздуха и суммы активных температур;

б) суммы осадков и гидротермический коэффициент

Fig. 1. Agrometeorological conditions during the years of research:

a) average monthly air temperatures and amounts of active temperatures;

b) amounts of precipitation and hydrothermal coefficient

Количество выпавших осадков за вегетацию варьировало в интервале 255-265 мм, при этом средний ГТК составлял 0,7-1,1 (рис. 1). Наибольшее количество осадков было зафиксировано в 2008 г., когда в июле выпало 140 мм осадков, а в целом за вегетационный период, с мая по август, – 303 мм, при этом значение ГТК составило 1,7. Наименьшее количество осадков было зафиксировано в 2011 г., когда сумма осадков за вегетацию не превысила 80 мм, а значение ГТК составило 0,3.

Экстремально засушливым в регионе выдался 2010 г., когда в течение вегетационного периода среднесуточная температура воздуха превышала среднемноголетнюю на 5-8°C, а среднее значение ГТК за вегетацию не превышало 0,5. В целом можно отметить, что в Рязанской области намечается тенденция аридизации климата, в годы с засушливыми условиями вегетационного периода значение ГТК варьировало от 0,31 до 0,89 (рис. 1).

Продолжительность вегетационного периода изучаемых сортов сои составляла в среднем 95-105 дней и значительно варьировала в зависимости от метеорологических условий года. Так, продолжительность периода от всходов до созревания могла отличаться в разные годы на 20-35 дней (рис. 2).

Самый короткий вегетационный период был у сортов сои северного экотипа, затем следовали южные сорта, наиболее продолжительной была вегетация у дальневосточных сортов. В годы с ГТК > 1,4 продолжительность

вегетационного периода составляла 98-125 дней, в то время как при дефиците влаги (ГТК < 0,7) вегетационный период у всех сортов сокращался до 78-95 дней.

В исследованиях были проанализированы особенности формирования урожая сои в зависимости от возникающих стрессовых агроклиматических условий вегетационного периода, особенно в критические периоды формирования урожая, к которым в первую очередь относится период цветения-формирования плодов [11-13]. В условиях достаточной влагообеспеченности высота растений к моменту наступления фазы цветения (R1) составляла в среднем по сортам 68-75 см, но были отмечены и сортовые различия, обусловленные особенностями морфологии растений (рис. 3).

Сорта северного экотипа достигали в среднем высоты 68-70 см, южные и дальневосточные – 95 см и более при благоприятных условиях увлажнения вегетационного периода. В годы с дефицитом осадков в начале вегетации высота растений вне зависимости от сортовых особенностей составляла 56-58 см, все сорта развивались по детерминантному типу роста.

Накопление сухой биомассы растениями сои к моменту завершения периода образования бобов на растениях является интегрирующим показателем при определении потенциальной урожайности семян [14, 15]. Неблагоприятные условия вегетационного периода, и прежде всего недостаток влаги, к завершению периода роста плодов могут привести к снижению индивидуальной

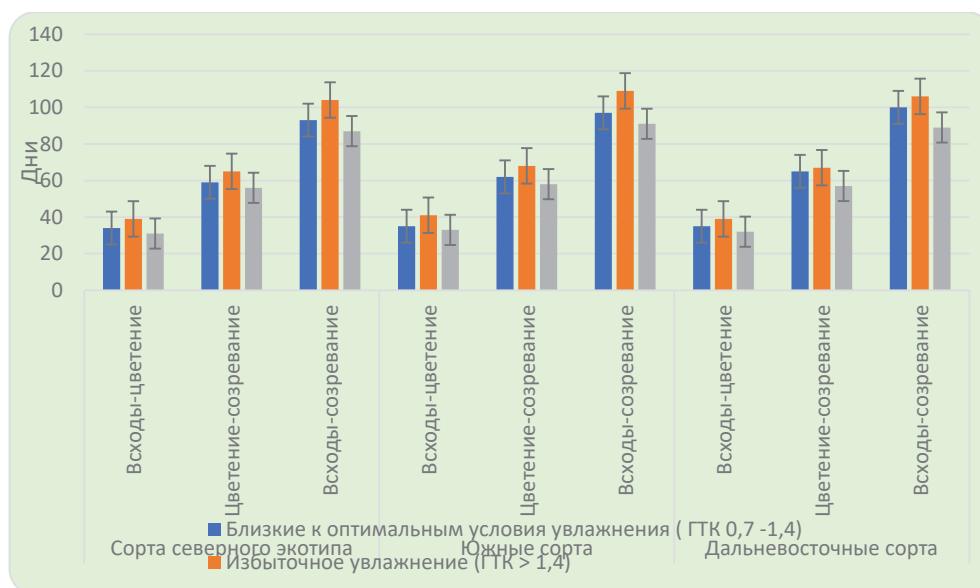


Рис. 2. Продолжительность вегетационного периода сортов сои различного эколого-географического происхождения в зависимости от условий влагообеспеченности

Fig. 2. The duration of the growing season of soybean varieties of various ecological and geographical origin depending on the conditions of moisture availability

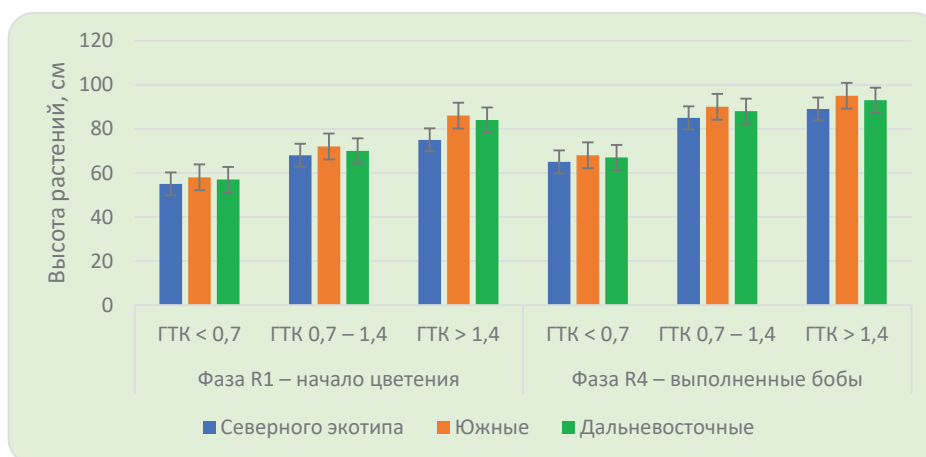


Рис. 3. Динамика высоты растений сортов сои различного эколого-географического происхождения в разные по степени обеспеченности влагой годы  
 Fig. 3. The dynamics of the height of soybean varieties of various ecological and geographical origin in different degrees of moisture availability in years

продуктивности растения и снижению общей продуктивности в расчете на единицу площади [16].

Величина сухой биомассы к концу III периода варьировала по сортам и в зависимости от условий влагообеспеченности. При значениях ГТК, близких к оптимальным, сухая биомасса к концу налива семян достигала максимальных значений и составляла в среднем по группам сортов от 5,2 т/га у сортов северного экотипа до 5,7 т/га у южных сортов (рис. 4). В каждой группе можно выделить сорта, формирующие наибольшую сухую биомассу: среди сортов сои северного экотипа – Окская (5,4 т/га), среди южных – сорт Лири (5,6 т/га), среди дальневосточных – сорт Лидия (5,7 т/га).

В засушливых условиях вегетационного периода (ГТК < 0,7) величина сухой биомассы была практически в два раза ниже, чем при достаточной влагообеспеченности, и составляла к концу периода налива семян в среднем у сортов сои северного экотипа 3,2 т/га, у южных сортов – 3,7 т/га, у дальневосточных сортов – 3,5 т/га (рис. 4).

Наибольшую биомассу формировали в условиях оптимальной и избыточной влагообеспеченности южный сорт Лири (6,5-6,8 т/га), дальневосточный сорт Грация (6,3-6,5 т/га) и сорт северного экотипа Окская (5,7-6,0 т/га) (рис. 4).

Результатирующие показатели фотосинтетической деятельности растений сои в посевах при разных параметрах влагообеспеченности отражены в таблице. Максимальная площадь листьев среди всех групп сортов составила в среднем от 24,8 тыс. м<sup>2</sup>/га при засушливых условиях вегетационного периода до 43,0 тыс. м<sup>2</sup>/га при избыточной влагообеспеченности (табл.). Наибольшую

площадь листьев формировали дальневосточные сорта, далее следуют южные и сорта северного экотипа.

Величина фотосинтетического потенциала варьировала вслед за площадью листьев и составила в среднем по группам сортов от 1400 тыс. м<sup>2</sup> дней/га при ГТК < 0,7 до 3100 тыс. м<sup>2</sup> дней/га при ГТК > 1,4 (табл.). В оптимальных условиях влагообеспеченности величина фотосинтетического потенциала составляла 2000-2400 тыс. м<sup>2</sup> дней/га. Распределение максимальных значений по группам сортов было таким же, что и по показателю площади листьев.

Чистая продуктивность фотосинтеза в сутки достигала максимальных значений в засушливых условиях и составила у сортов сои северного экотипа 2,73 г/м<sup>2</sup>, у дальневосточных – 2,41 г/м<sup>2</sup>, у южных сортов – 2,39 г/м<sup>2</sup> в сутки. (табл.). Значение показателя снижалось по мере увеличения количества осадков за вегетацию. В оптимальных условиях влагообеспеченности его значение составляло по группам сортов 2,20-2,54 г/м<sup>2</sup> в сут., в условиях избыточной влагообеспеченности – 1,91-2,06 г/м<sup>2</sup> в сут. Следует отметить, что чистая продуктивность фотосинтеза при всех уровнях влагообеспеченности была значительно выше у сортов сои северного экотипа.

Исследуемые сорта имели различия по степени нарастания сырой биомассы, а также в зависимости от условий влагообеспеченности вегетационного периода. Сырая биомасса достигала максимальных значений к концу периода цветения и образования плодов, и ее значение варьировало от 15,7 т/га у сортов сои северного экотипа в засушливых условиях вегетационного периода до 27,1 т/га у дальневосточных сортов при избыточном увлажнении (табл.).

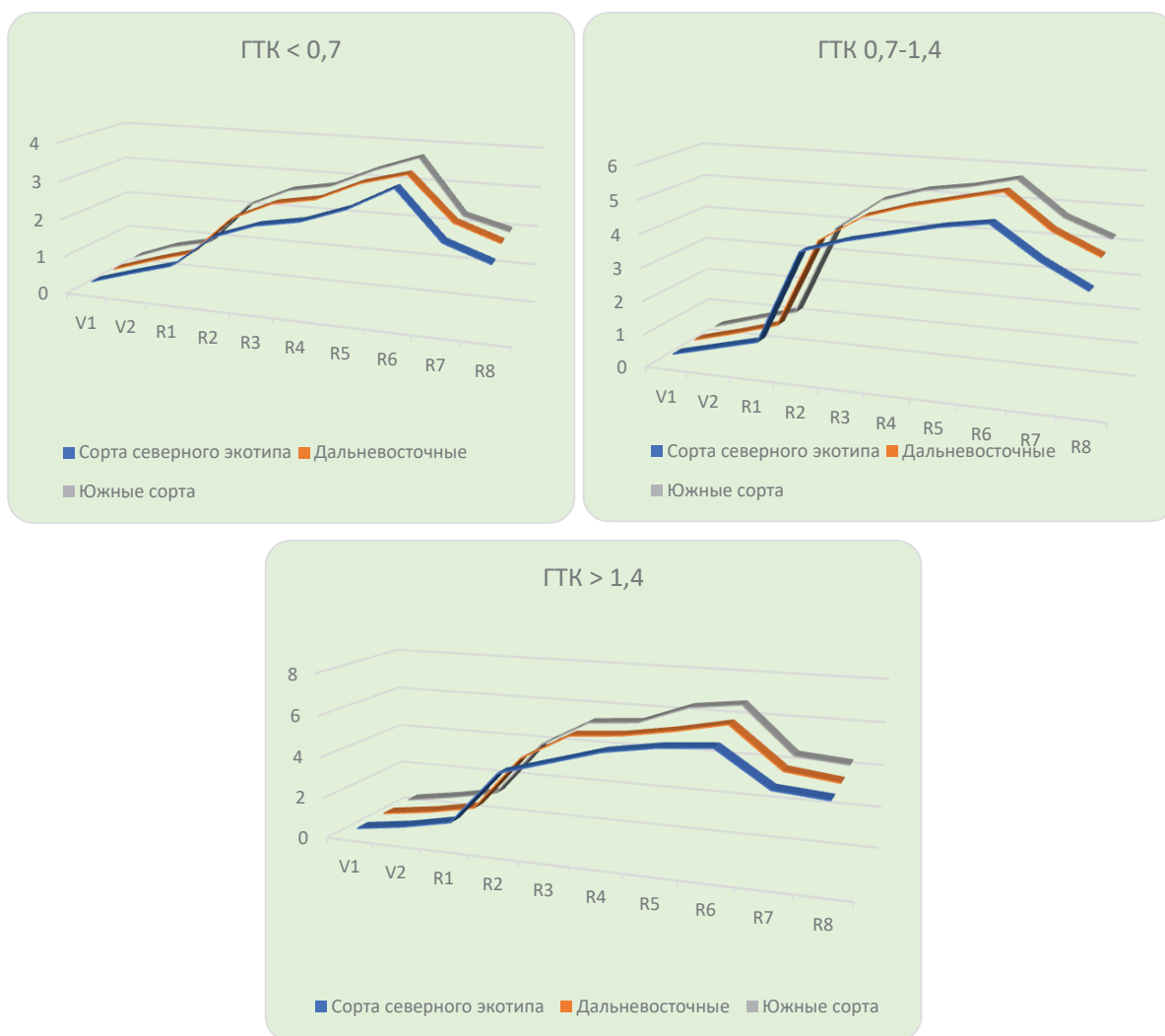


Рис. 4. Динамика нарастания сухой биомассы у сортов сои различного эколого-географического происхождения в разные по агрометеорологическим условиям годы, т/га

Fig. 4. Dynamics of dry biomass growth in soybean varieties of various ecological and geographical origin in different agrometeorological conditions years, t/ha

Таблица. Основные показатели фотосинтетической деятельности сортов сои различного эколого-географического происхождения при разных условиях влагообеспеченности вегетационного периода

Table. The main indicators of photosynthetic activity of soybean varieties of various ecological and geographical origin under different conditions of moisture availability of the growing season

Показатель Indicator	Сорта северного экотипа Varieties of northern eco type			Южные сорта Southern varieties			Дальневосточные сорта Far East varieties			
	ГТК / GTC									
	< 0,7	0,7-1,4	> 1,4	< 0,7	0,7-1,4	> 1,4	< 0,7	0,7-1,4	> 1,4	
Максимальная площадь листьев, тыс. м <sup>2</sup> /га Maximum leaf area, thousand m <sup>2</sup> / ha	24,3	35,8	41,5	24,9	37,8	43,3	25,1	37,6	44,2	
Фотосинтетический потенциал, тыс. м <sup>2</sup> дней/га Photosynthetic potential, thousand m <sup>2</sup> days / ha	1255	2064	2802	1470	2436	3319	1475	2438	3372	
Чистая продуктивность фотосинтеза, г/м <sup>2</sup> в сут. Net productivity, g / m <sup>2</sup> per day	2,73	2,54	2,06	2,39	2,20	1,91	2,41	2,26	1,92	
Максимальная биомасса, т/га Maximum biomass, t / ha	Сырая	15,7	20,6	25,2	16,4	21,9	26,5	16,6	22,1	27,1
	Сухая	3,43	5,24	5,78	3,52	5,36	6,34	3,56	5,52	6,48

Урожайность всех исследуемых сортов возрастала по мере увеличения влагообеспеченности вегетационного периода, достигая максимальных значений в интервале ГТК от 1,4 до 1,6. Снижение урожайности с дальнейшим возрастанием ГТК вызвано задержкой созревания и невозможностью убрать урожай сои в оптимальные для региона сроки (рис. 5).

Максимальных значений урожайность сортов сои различного эколого-географического происхождения достигала при влагообеспеченности, соответствующей значению ГТК 1,5, и составила по сортам от 1,98 т/га у сорта северного экотипа Касатка до 2,48 т/га у южного сорта Лиры (рис. 5).

Наименьшая урожайность была получена в 2010 г. при ГТК 1,5 и составила 0,94-1,23 т/га. В отдельные годы, при невысоком общем значении ГТК, была получена достаточно высокая

урожайность. Это обусловлено таким распределением осадков в течение вегетационного периода, когда их основная часть пришлась на критические фазы роста и развития сои, и получив влагу, в эти фазы растения смогли компенсировать ее недостаток в последующие периоды. Так, в 2012 г. урожайность по сортам составила 1,90-2,50, при этом ГТК за вегетацию не превышал 0,7.

На урожайность сои оказывает непосредственное влияние влагообеспеченность в критические для нее периоды бутонизации-цветения- образования плодов. С повышением температурных значений и снижением количества выпавших осадков закономерно снижается урожайность. Максимальных значений урожайность сои достигает при температуре 20-24°C и количестве осадков 100-120 мм в период R1-R6 (цветение-полный налив семян) (рис. 6).

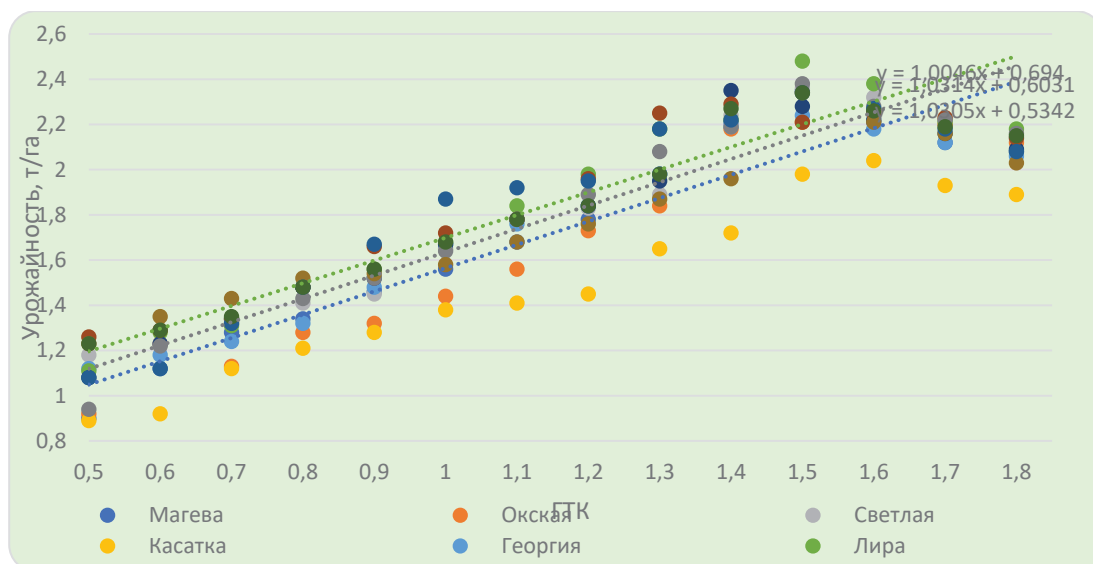


Рис. 5. Взаимосвязь урожайности сои и значения гидротермического коэффициента вегетационного периода

Fig. 5. The relationship between the soybean yield and the value of the hydrothermal coefficient of the growing season

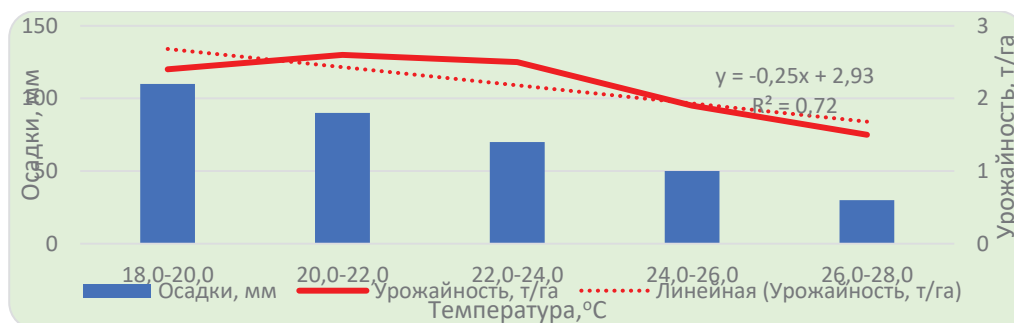


Рис. 6. Взаимосвязь продуктивности сои и гидротермических условий в период R1-R6 (цветение-полный налив семян)

Fig. 6. The relationship of soybean productivity with hydrothermal conditions in the period R1 – R6 (flowering – full filling of seeds)

При подборе сортов для возделывания в условиях Центрального района Нечерноземной зоны необходимо учитывать фактор гарантированного созревания сортов и максимизации сбора урожая с 1 га. Помимо традиционных для этого региона сортов сои северного экотипа, которые успешно себя зарекомендовали, но при определенных погодных условиях вегетационного периода не смогут полноценно реализовать свой потенциал, дополнить ассортимент южными и дальневосточными сортами, которые способны так же стабильно вызревать в регионе и обеспечивать высокую урожайность и сбор белка с единицы площади. Такой подход позволит нивелировать риски снижения сбора урожая и белка в разных агроклиматических условиях вегетационного

периода. В засушливых условиях вегетационного периода ( $ГТК < 0,7$ ) достоверные различия по урожайности между исследуемыми сортами выявлены не были, она формировалась на уровне 1,41-1,54 т/га (рис. 7). При оптимальной влагообеспеченности ( $ГТК = 0,7-1,4$ ) урожайность по сортам составила у сортов сои северного экотипа 1,86-2,28 т/га, у южных – 2,38-2,52 т/га у дальневосточных – 2,12-2,42 т/га.

Сбор белка варьировал вслед за урожайностью и составил в условиях достаточной влагообеспеченности вегетационного периода ( $ГТК = 0,7-1,4$ ) по всем сортам 800 кг/га и более (рис. 7). Максимальным сбор белка был среди сортов сои северного экотипа у сорта Окская (887 кг/га), среди южных – у сорта Лира (899 кг/га), среди дальневосточных – у сорта Персона (824 кг/га).

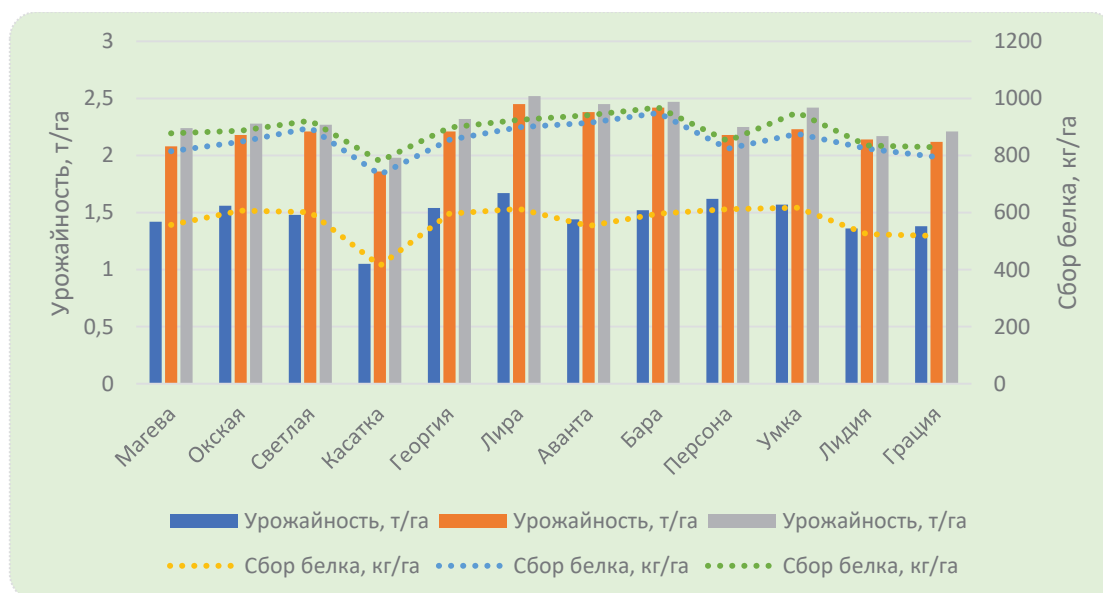


Рис. 7. Урожайность и сбор белка с 1 га по сортам сои в разных условиях влагообеспеченности вегетационного периода (в среднем за 2008-2020 гг.)

Fig. 7. Yield and protein harvesting per hectare by soybean varieties under different conditions of moisture availability during the growing season (on average for 2008-2020)

### Выводы

Установлено, что в последние десятилетия происходит планомерное изменение агроклиматических условий Центрального района Нечерноземной зоны. В условиях Рязанской области фиксируется локальное потепление климата с возрастанием засушливых лет. За годы проведения исследований температурные значения превышали среднеголетние на 2-6°C, суммы активных температур в среднем составили 2500°C, количество выпадающих осадков за вегетацию варьировало в интервале 255-265 мм, при этом значение  $ГТК$  в среднем составило 0,7-1,1.

Продолжительность вегетационного периода значительно варьировала в зависимости

от влагообеспеченности, в годы с оптимальными параметрами ( $ГТК = 0,7-1,4$ ) составив 95-105 дней, при недостатке влаги – 78-95 дней, при избыточном увлажнении – 98-125 дней. Наиболее скороспелыми были сорта сои северного экотипа, далее следовали южные и дальневосточные сорта.

В исследованиях выявлена сортовая реакция на условия влагообеспеченности в отдельные периоды роста и развития. Количество осадков, выпавших в июле, было критически значимым для сортов сои северного экотипа, на генеративное развитие и последующую семенную продуктивность южных и дальневосточных сортов оказывали существенное влияние осадки в августе.



Таким образом, чтобы снизить риски недополучения потенциально возможной урожайности в разные по агрометеорологическим условиям годы, рекомендуется подбирать сорта разного эколого-географического происхождения: наряду с традиционными сортами северного экотипа

включить южные и дальневосточные сорта, которые способны стабильно вызревать в регионе, а также в оптимальных агроклиматических условиях обеспечивать высокую урожайность и сбор белка с единицы площади.

#### Список использованных источников

1. Гуреева Е.В. Влияние гидротермических условий на урожайность семян сои в условиях Рязанской области // Земледелие. 2018. № 7. С. 34-35.
2. Дорохов А.С., Бельшклина М.Е. Агроклиматическая характеристика регионов Нечерноземной зоны Российской Федерации и оценка пригодности для возделывания современных раннеспелых сортов сои // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 3 (55). С. 34-39.
3. Belyshkina M. Studying the possible introduction of soybeans into new cultivation regions based on the analysis of climate change and agroecological testing of varieties / Zagoruiko M., Mironov D., Bashmakov I., Rybalkin D., Romanovskaya A. // Agronomy. 2023. Vol. 13, № 2. P. 610.
4. Зайцев Н.И., Ревенко В.Ю., Устарханова Э.Г. Влияние погодных факторов на продуктивность перспективных линий сои в зоне неустойчивого увлажнения // Масличные культуры. 2020. № 2 (182). С. 62-69.
5. Гуреева Е.В. Влияние метеорологических условий на хозяйственно ценные признаки сои // Вестник российской сельскохозяйственной науки 2021. № 1. С. 28-31.
6. Суховеева О.Э. Влияние современных изменений климата на продуктивность сельскохозяйственных культур в Нечерноземье // География и природные ресурсы. 2014. № 2. С. 71-77.
7. Anjum S.A., Zohaib A., Ali I., Tabassum T., Nazir U., Ashraf U., Tanveer M., Naeem M. Growth and developmental responses of crop plants under drought stress: a review // Zemdirbyste. 2017. Vol. 104, № 3. Pp. 267-276.
8. Eulenstein F., Lana M., Tauschke M., Behrend A., Sheudzhzen A., Schlindwein S., Guevara E., Meira S. Trends of soybean yields under climate change scenarios // Horticulturae. 2017. Vol. 3, № 1. P. 10.
9. Jumrani K., Bhatia V.S. Interactive effect of temperature and water stress on physiological and biochemical processes in soybean // Physiology and Molecular Biology of Plants. 2019. Vol. 25, № 3. Pp. 667-681. DOI: 10.1007/s12298-019-00657-5.
10. Синеговская В.Т., Наумченко Е.Т., Кобозева Т.П. Методы исследований в полевых опытах с соей. Благовещенск: ФГБНУ Всероссийский НИИ сои, 2016. 116 с.
11. Farooq M., Nadeem F., Ullah A., Siddique K.H.M., Alghamdi S.S., Gogoi N., Nayyar H. Heat stress in grain legumes during reproductive and grain-filling phases // Crop and Pasture Science. 2017. Vol. 68, № 10-11. Pp. 985-1005.
12. Liu Y., Li J., Zhu Y., Song Y., Jones A., Rose R.J. Heat stress in legume seed setting: effects, causes, and future prospects // Frontiers in Plant Science. 2019. Vol. 10 Jan. Pp. 938. DOI: 10.3389/fpls.2019.00938.
13. Slafer G.A., Savin R., Kantolic A.G., Appendino M.L., Miralles D.J., Tranquilli G. Genetic and environmental effects on crop development determining adaptation and yield // Crop Physiology: Applications

#### References

1. Gureeva E.V. The influence of hydrothermal conditions on the yield of soybean seeds in the conditions of the Ryazan region // Agriculture. 2018. No. 7. P. 34-35.
2. Dorokhov A.S., Belyshkina M.E. Agro-climatic characteristics of the regions of the Non-Chernozem zone of the Russian Federation and assessment of suitability for cultivation of modern early-ripening soybean varieties / Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy. 2021. № 3 (55). P. 34-39.
3. Belyshkina M., Studying the possible introduction of soybeans into new cultivation regions based on the analysis of climate change and agroecological testing of varieties // Agronomy. 2023. Vol. 13. No. 2. P. 610.
4. Zaitsev N.I., Revenko V.Yu., Ustarkhanova E.G. The influence of weather factors on the productivity of promising soybean lines in the zone of unstable humidification // Oilseeds. 2020. № 2 (182). P. 62-69.
5. Gureeva E.V. Influence of meteorological conditions on economically valuable soybean traits // Bulletin of the Russian Agricultural Science. 2021. No. 1. P. 28-31.
6. Sukhoveeva O.E. The influence of modern climate changes on the productivity of agricultural crops in the Non-Chernozem region // Geography and natural resources 2014 No. 2. P. 71-77.
7. Anjum S.A., Zohaib A., Ali I., Tabassum T., Nazir U., Ashraf U., Tanveer M., Naeem M. Growth and developmental responses of crop plants under severe stress: a review // Zemdirbyste. 2017. Vol. 104. No. 3. P. 267-276.
8. Eulenstein F., Lana M., Tauschke M., Behrend A., Sheudzhzen A., Schlindwein S., Guevara E., Meira S. Trends of soybean yields under climate change scenarios // Horticulturae 2017. Vol. 3. No. 1 Pp. 10.
9. Jumrani K., Bhatia V.S. Interactive effect of temperature and water stress on physiological and biochemical processes Vol. 25. No. 3. Pp. 667-681. – DOI: 10.1007/s12298-019-00657-5
10. Sinegovskaya V.T., Naumchenko E.T., Kobozeva T.P. Research methods in field experiments with soy. Blagoveshchensk: All-Russian Research Institute of Soy, 2016. 116 p.
11. Farooq M., Nadeem F., Ullah A., Siddique K.H.M., Algamdi S.S., Gogoi N., Nayyar N. Heat stress in grain legumes during reproductive and grain-filling phases // Crop and Paste Science. 2017. Vol. 68. No. 10-11. Pp. 985-1005.
12. Liu Y., Li J., Zhu Y., Song Y., Jones A., Rose R.J. Heat stress in legume seed setting: effects, causes, and future prospects // Frontiers in Plant Science. 2019. Vol. 10 Jan. Pp. 938. – DOI: 10.3389/fpls.2019.00938
13. Slafer G.A., Savin R., Kantolic A.G., Appendino M.L., Miralles D.J., Tranquilli G. Genetic and environmental effects on crop development determining adaptation and yield // Crop Physiology: Applications for Genetic Improvement and Agronomy: Second Edition, 2014. Pp. 285-319.

for Genetic Improvement and Agronomy: Second Edition, 2014. Pp. 285-319.

14. **Бельшкіна М.Е.** Динамические параметры формирования урожая раннеспелых сортов сои в условиях Центрального Нечерноземья // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 4 (44). С. 77-84.

15. **Гришин А.П., Гришин А.А., Семенова Н.А.** Способ контроля продуктивности растения // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2021. Т. 15, № 2. С. 69-74.

16. **Ракутько С.А., Ракутько Е.Н., Медведев Г.В.** Разработка экспериментального фитотрона и его применение в исследованиях по энергоэкологии светокультуры // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2023. Т. 17. № 2. С. 40-48.

#### Об авторе

**Марина Евгеньевна Бельшкіна**, д-р с.-х. наук, ведущий научный сотрудник, ORCID: 0000-0003-2876-1031, WoS Resercher ID: AAI-7539-2021, Scopus ID: 57221306773, РИНЦ AuthorID: 675431; bely-mai@yandex.ru

#### Критерии авторства / Criteria of authorship

Бельшкіна М.Е. выполнила теоретические и практические исследования, на основании которых провела обобщение и написала рукопись, имеет на статью авторское право и несет ответственность за плагиат.

**Поступила в редакцию / Received at the editorial office** 21.01.2024

**Поступила после рецензирования / Received after peer review** 25.02.2024

**Принята к публикации / Accepted for publication** 25.02.2024

14. **Belyshkina M.E.** Dynamic parameters of early-ripening soybean crop formation in the conditions of the Central Non-Chernozem region // Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy. 2018 № 4 (44). P. 77-84.

15. **Grishin A.P., Grishin A.A., Semenova N.A.** Method of plant productivity control // Agricultural machinery and technology. 2021 Vol. 15.No. 2. P. 69-74.

16. **Rakutko S.A., Rakutko E.N., Medvedev G.V.** Development of an experimental phytotron and its application in research on the energy ecology of light culture // Agricultural machinery and technology. 2023. Vol. 17. No. 2. P. 40-48.

#### About the authors

**Marina E. Belyshkina**, DSc (Agro), Leading Researcher; ORCID: 0000-0003-2876-1031, WoS Resercher ID: AAI-7539-2021, Scopus ID: 57221306773, РИНЦ AuthorID: 675431; bely-mai@yandex.ru

Belyshkina M.E. carried out theoretical and practical studies, on the basis of which they generalized and wrote the manuscript. They have a copyright on the article and are responsible for plagiarism.