

Научная статья
УДК 633. 34:575.224(470.0)
doi: 10.28983/asj.y2023i11pp62-67

**Урожайность и кормовая ценность надземной биомассы сои сортов северного экотипа
в условиях Центрального Нечерноземья**

Михаил Геннадьевич Загоруйко, Марина Евгеньевна Бельшкина, Тамара Петровна Кобозева
Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, г. Москва, Россия, e-mail: vimsoya@yandex.ru

Аннотация. Приведены результаты полевых опытов (2019–2021 гг.) по оценке продуктивности надземной биомассы сортов сои северного экотипа (Окская, Светлая, Магева); обоснована перспективность использования надземной биомассы на кормовые цели в условиях Центрального Нечерноземья на среднеподзоленных, дерново-подзолистых среднесуглинистых слабогумусированных почвах, среднеобеспеченных фосфором и калием с реакцией почвенного раствора близкой к нейтральной. Установлено, что в среднем по опыту максимальное накопление надземной биомассы (сырой и сухой), белка и кормовых единиц наблюдается в фазу полного налива семян. Урожайность надземной биомассы при этом достигает 24,7 т/га (сырой) и 8,39 т/га (сухой), сбор белка – 1379 кг/га, что эквивалентно 4,19 тыс. к.е./га. При этом сбор кормовых единиц с урожаем сухой биомассы превосходит сбор кормовых единиц с урожаем семян (3,21 тыс. к.е./га при урожайности семян 2,36 т/га) на 0,98 тыс. к.е., или в 1,3 раза. В среднем за годы исследований максимальную продуктивность и кормовую ценность продемонстрировал сорт Окская. Урожайность сырой надземной биомассы этого сорта составила 26,9 т/га, сухой – 8,86 т/га, сбор сырого белка – 1422 кг/га, выход кормовых единиц – 3,10 тыс. Сорты Магева и Светлая уступают сорту Окская: по урожайности сырой надземной биомассы в 1,10–1,18 раза (на 2,20–4,20 т/га), сухой надземной биомассы – в 1,05–1,12 раза (на 0,45–0,96 т/га), по сбору кормовых единиц – в 1,05–1,13 раза (на 0,23–0,24 тыс. к.е./га).

Ключевые слова: сорта сои; продуктивность; урожайность; качество растений и семян.

Для цитирования: Загоруйко М. Г., Бельшкина М. Е., Кобозева Т. П. Урожайность и кормовая ценность надземной биомассы сои сортов северного экотипа в условиях Центрального Нечерноземья // Аграрный научный журнал. 2023. № 11. С. 62–67. [http: 10.28983/asj.y2023i11pp62-67](http://10.28983/asj.y2023i11pp62-67).

AGRONOMY

Original article

**Yield and feed value of aboveground soybean biomass of northern ecotype varieties
in the conditions of the Central Non-Chernozem region**

Mikhail G. Zagoruyko, Marina E. Belyshkina, Tamara P. Kobozeva

Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russia, e-mail: vimsoya@yandex.ru

Annotation. The results of field experiments (2019–2021) on the assessment of soybean varieties of the northern ecotype Okskaya, Svetnaya, Mageva on the productivity of aboveground biomass are presented, the prospects of using aboveground biomass for fodder purposes in the conditions of the Central Non-Chernozem region on medium-saline, sod-podzolic medium-loamy slightly humus soils, medium-supplied with phosphorus and potassium with a soil solution reaction close to neutral are substantiated. It was found out that, on average, according to experience, the maximum accumulation of aboveground biomass (raw and dry), protein and feed units is observed in the phase of full filling of seeds. The yield of aboveground biomass at the same time reaches 24.7 t/ha (raw) and 8.39 t/ha (dry), the protein harvest is 1379 kg / ha, which is equivalent to 4.19 thousand f.u./ha, while the collection of fodder units with a harvest of dry biomass exceeds the collection of fodder units with a harvest of seeds (3.21 thousand f.u./ha with a seed yield of 2.36 t/ha) by 0.98 thousand f.u., or 1.3 times. On average, over the years of research, the maximum productivity and feed value was demonstrated by the Okskaya variety: the yield of crude aboveground biomass was 26.9 t/ha, of dry – 8.86 t/ha, the collection of raw protein with a yield of 1492 kg / ha, the yield of feed units was 3.10 thousand. The Mageva and Svetly varieties are inferior to the Okskaya variety: for the yield of crude aboveground biomass by 1.10–1.18 times (or by 2.20–4.20 t/ha), dry aboveground biomass by 1.05–1.12 times (or by 0.45–0.96 t/ha), for the collection of fodder units by 1.05–1.13 times (or by 0.23–0.24 thousand f.u./ha).

Keywords: soybean varieties; productivity; yield; quality of plants and seeds.



For citation: Zagoruyko M. G., Belyshkina M. E., Kobozeva T. P. Yield and feed value of aboveground soybean biomass of northern ecotype varieties in the conditions of the Central Non-Chernozem region. Agrarnyy nauchnyy zhurnal = The Agrarian Scientific Journal. 2023;(11):62–67. (In Russ.). <http://10.28983/asj.y2023i11pp62-67>.

Введение. Среди сельскохозяйственных культур соя заслуженно занимает одно из первых мест по содержанию белка и его качеству. Белок сои по биологической ценности близок к белку животного происхождения, на 90 % состоит из легкорастворимых фракций (альбуминов и глобулинов), усваивается на 80–90 % и превосходит стандарт ФАО/ВОЗ [3].

За последние три десятилетия отечественное соеводство превратилось в динамично развивающуюся отрасль благодаря успехам отечественной селекции, разработке эффективных технологий возделывания, расширению направлений и способов использования, в том числе благодаря широкому внедрению сои в российское кормопроизводство [4].

Создание и внедрение сортов северного экотипа, глобальное и локальное потепление климата позволяют успешно возделывать сою в Центральном и Южном Нечерноземье при сумме активных температур не более 1700–1900 °С [5].

Исследования Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова показали, что наряду с зерном, являющимся ценным компонентом высокобелковых комбикормов, зеленая масса сои также может стать надежным и высококачественным сырьем для производства сочных и грубых кормов (сена, сенажа, силоса) [1]. Актуальность такого подхода возрастает, когда созревание культуры оказывается под угрозой в условиях высоких широт или в холодные переувлажненные годы [2].

Цель исследований – оценить сорта сои северного экотипа по урожайности и кормовой ценности надземной биомассы (сырой и сухой) в условиях Центрального Нечерноземья

Методика исследований. Полевые опыты по оценке урожайности, белковой продуктивности и кормовой ценности надземной биомассы сои проводили с 2019 по 2021 гг. в соответствии с апробированными общепринятыми методиками [6, 8, 9]. Исследования проходили на опытном поле ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева» в девяти-польном севообороте (предшественник – кормовая свекла) на сортах сои северного экотипа Окская, Магева, Светлая, индетерминантного типа роста (оригинатор сорта – Институт семеноводства и агротехнологий – филиал ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» и ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»).

Почвы опытного участка среднеподзоленные дерново-подзолистые среднесуглинистые с $pH_{\text{сол.}}$ 6,3–6,4, обеспеченные P_{2O_5} не ниже 150 мг/кг (по Кирсанову), K_2O – не ниже 120 мг/кг (по Масловой и Чернышовой), с содержанием гумуса 2,0–2,5 (по Тюрину).

За период исследований средняя сумма активных температур за вегетационный период составила 2000 °С, (максимальная – 2400 °С, минимальная – 1770 °С), средняя сумма осадков – 350 мм (максимальная – 447 мм, минимальная – 188 мм), гидротермический коэффициент увлажнения Г.Т. Селянинова в годы исследований варьировал от 0,9 до 1,1.

Повторность в опыте 4-кратная, размещение вариантов рендомизированное; площадь делянки – 30 м²; агротехника, применяемая в опыте, общепринятая для Центрального Нечерноземья с учетом сортовых особенностей культуры. Срок посева – первая декада мая, способ посева – широкорядный (с междурядьем 45 см), норма высева – 500 тыс. всхожих семян/га. Перед посевом семена инокулировали штаммом клубеньковых бактерий 6356 *Rhizobium japonicum* в виде ризоторфина [9].

Фазы развития фиксировали в соответствии со шкалой микрофаз, разработанной американскими исследователями W.R. Fehr, C.E. Caviness [10, 11, 12]. По фазам развития проводили биометрический анализ надземной биомассы. Урожайность надземной биомассы и урожайность семян определяли методом учетных площадок [6, 9] в фазу полного налива семян и в фазу полной спелости.

Оценку величины и активности симбиотического аппарата в агроценозах сои проводили по методике Г.С. Посыпанова [8].

Биохимический анализ надземной биомассы и семян выполняли в ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сои» (г. Благовещенск) на установке NIR–42.





Результаты исследований. Установлено, что в среднем по опыту вегетационный период у изучаемых сортов в условиях Центрального Нечерноземья варьирует от 106 до 117 дней. Наиболее коротким вегетационным периодом характеризуется сорт Светлая (106 дней), созревающий на 6 дней раньше сорта Магева и на 11 дней раньше сорта Окская (табл. 1).

Сорта существенно различаются по высоте. Самым высокорослым является сорт Окская (81 см), самым низкорослым – сорт Светлая (60 см), сорт Магева занимает промежуточное положение (68 см). Разница в высоте обеспечивается как за счет увеличения числа узлов, так и средней длины междоузлий (табл. 1).

Таблица 1

Характеристика сортов сои северного экотипа, в среднем за 2019–2021 гг.

Показатель	Сорт			В среднем по сортам	НСР ₀₅
	Окская	Магева	Светлая		
Вегетативный период, дней	47	47	45	46	2,3
Генеративный период, дней	70	65	61	65	3,3
Вегетационный период, дней	117	112	106	112	5,6
Высота главного стебля, см	81	68	60	70	3,5
Число узлов на главном стебле, шт.	23	21	20	21	1,0
Длина междоузлий, см	3,4	3,2	3,0	3,2	0,2

Известно, что продуктивность агроценоза в значительной мере определяется площадью фотосинтезирующей поверхности, а также ее активностью. В среднем по сортам максимальная за вегетацию площадь листьев достигает 44,2 тыс. м²/га, фотосинтетический потенциал посева (ФСП) – произведение средней за вегетацию площади листовой поверхности на продолжительность ее функционирования – 2473 тыс. м² × дней/га (табл. 2).

У более высокорослого и позднеспелого сорта Окская эти показатели были выше, чем у сортов Магева и Светлая: максимальная за вегетацию площадь листьев в 1,10–1,22 раза, ФСП – в 1,16–1,34 раза при меньшей в 1,03–1,18 раза соответственно интенсивности фотосинтеза (табл. 2).

Таблица 2

Фотосинтетическая и симбиотическая деятельность посевов сои северного экотипа, в среднем за 2019–2021 гг.

Показатель	Сорт			В среднем по сортам
	Окская	Магева	Светлая	
Фотосинтетическая деятельность посевов				
Максимальная за вегетацию площадь листьев, тыс. м ² /га	48,5	44,1	39,9	44,2
Фотосинтетический потенциал посева, тыс. м ² × дней/га	2837	2469	2 115	2473
Максимальное за вегетацию накопление абсолютно сухого вещества с надземной биомассой, т/га	8,86	8,41	7,90	8,39
Чистая продуктивность фотосинтеза, г/м ²	3,30	3,40	3,90	3,60
Симбиотическая деятельность посевов				
Максимальная за вегетацию сырая масса активных клубеньков, кг/га	640	590	570	600
Продолжительность активного симбиоза, дней	87	82	76	82
Активный симбиотический потенциал посева, кг × дней/га	27 840	24 190	21 660	24 563

Соя, вступая в симбиотические отношения с клубеньковыми бактериями *Rhizobium japonicum*, в благоприятных для бобово-ризобияльного симбиоза условиях, способна полностью обеспечить себя азотом за счет усвоения его из атмосферы. Средний уровень азотфиксации в агроценозе сои составляет около 70 %, при этом фотосинтетическая и симбиотическая деятельность агроценоза взаимосвязаны и взаимообусловлены [7].

Продолжительность активного функционирования симбиотического аппарата (количество дней от появления первых активных клубеньков до их полного отмирания) варьирует от 76 у более скороспелого сорта Светлая до 87 дней у позднеспелого сорта Окская, составляя в среднем по сортам 82 дня (см. табл. 2).



В среднем по опыту максимальная за вегетацию масса активных клубеньков достигает 600 кг/га, активный симбиотический потенциал посева (АСП) – произведение средней за вегетацию массы активных клубеньков на продолжительность их функционирования – 24564 кг × дней/га, что свидетельствует о высоком уровне биологической азотфиксации [8]. У более высокорослого и позднеспелого сорта Окская эти показатели были выше, чем у сортов Магева и Светлая: максимальная за вегетацию масса активных клубеньков – в 1,15–1,28 раза, активный симбиотический потенциал посева – в 1,16–1,34 раза (см. табл. 2).

Максимальное накопление сырой и сухой надземной биомассы наблюдается в фазу полного налива семян (R6), затем к фазе полной спелости (R8) из-за опадения листьев, обламывания мелких ветвей, абортности части бобов и семян сырая и сухая надземная биомасса растений уменьшается (рис. 1, 2).

Аналогичная динамика прослеживается и по сбору сырого белка в надземной биомассе. Максимальное его накопление наблюдается также в фазу полного налива семян (R6) и снижается к фазе полного созревания (R8).

В среднем по сортам максимальная за вегетацию урожайность сырой надземной биомассы составляет 24,7 т/га, сухой надземной биомассы – 8,39 т/га. Максимальный сбор сырого белка с урожаем надземной биомассы достигает 1379 кг/га (при содержании белка 16,46 %), сбор незаменимых аминокислот – 738 кг/га, сбор кормовых единиц – 4,19 тыс. к.е./га (табл. 3).

Установлено, что сорт Окская существенно превосходит сорта Магева и Светлая: по урожаю сырой надземной биомассы – в 1,10–1,18 раза (или на 2,2–4,2 т/га), по урожаю сухой надземной биомассы – в 1,05–1,12 раза (на 0,45–0,96 т/га), по сбору кормовых единиц – в 1,05–1,13 раза (на 0,23–0,24 тыс. к.е./га), по сбору сырого белка – в 1,07 раза, или на 102 кг/га (только сорт Светлая), уступая обоим сортам по содержанию сырого белка (на 0,54–0,56 %).

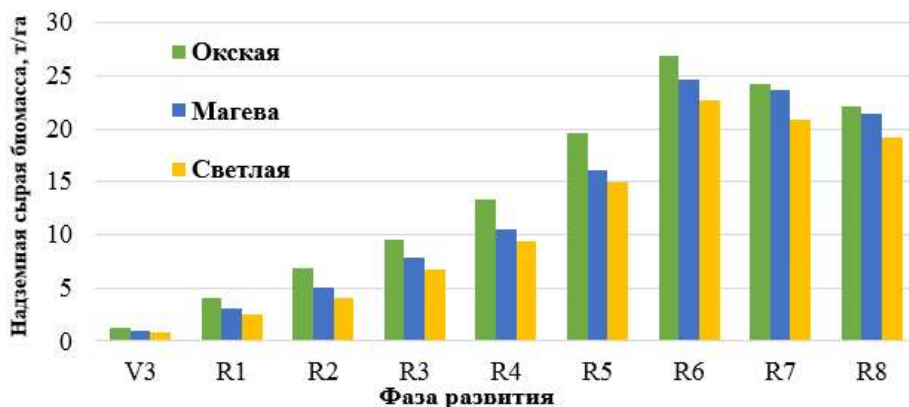


Рис. 1. Динамика накопления сырой надземной биомассы агроценозом сои, т/га, сортов северного экотипа, в среднем за 2019–2021 гг.

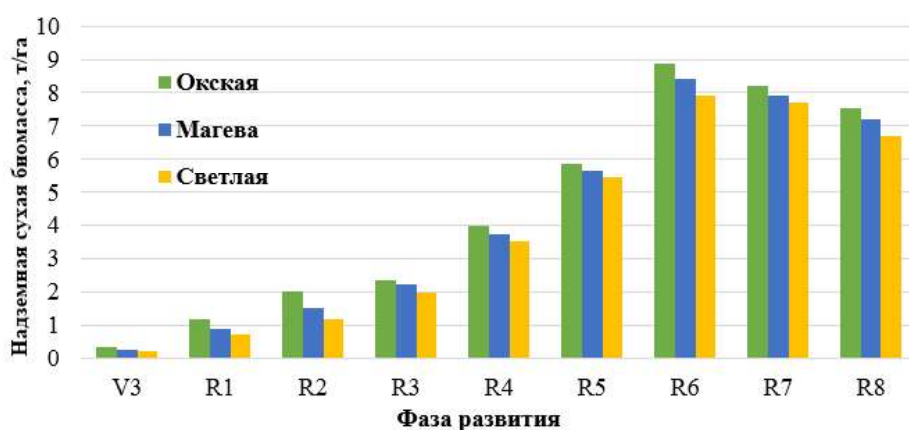


Рис. 2. Динамика накопления сухой надземной биомассы агроценозом сои, т/га, сортов северного экотипа, в среднем за 2019–2021 гг.

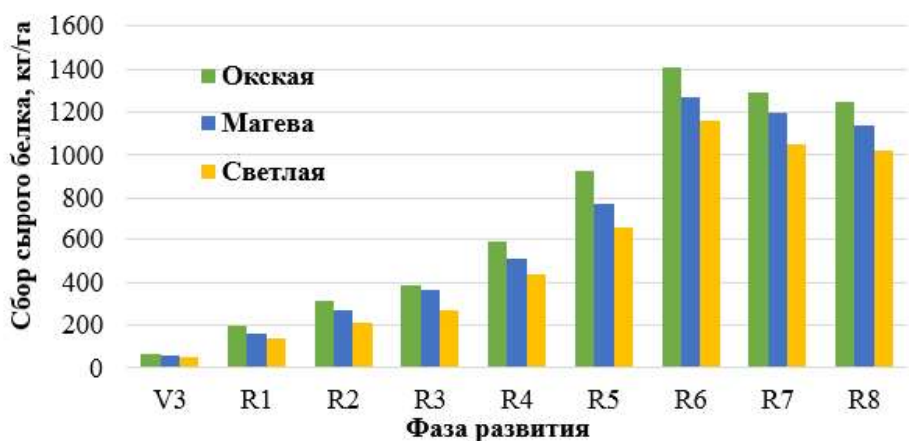


Рис. 3. Динамика сбора сырого белка с урожаем сухой надземной биомассы сои, кг/га, сортов северного экотипа, в среднем за 2019–2021 гг.

Урожайность, белковая продуктивность и кормовая ценность надземной биомассы сои сортов северного экотипа в фазу полного налива семян (R6), в среднем за 2019–2021 гг.

Показатель	Сорт			В среднем по сортам	НСР ₀₅
	Окская	Магева	Светлая		
Урожайность сырой надземной биомассы, т/га	26,9	24,7	22,7	24,7	1,23
Урожайность сухой надземной биомассы, т/га	8,86	8,41	7,90	8,39	0,42
Содержание сырого белка, % АСВ	16,1	16,6	16,7	16,5	0,52
Сбор сырого белка, кг/га	1422	1396	1320	1379	69
Сбор незаменимых аминокислот, кг/га	696	761	758	738	36
Сбор кормовых единиц, тыс. к.е./га	4,43	4,20	3,95	4,19	0,21

Учет биологического урожая семян в фазу полной спелости показал, что лидером по урожайности семян является ультраскороспелый сорт Светлая. Он превосходит сорта Окская и Магева по урожайности семян на 0,24–0,23 т/га; по содержанию сырого белка на 1,94–1,85 %, по сбору сырого белка на 163–168 кг/га, по сбору кормовых единиц на 0,41–0,48 тыс. к.е./га соответственно (табл. 4).

Таблица 4

Урожайность, белковая продуктивность и кормовая ценность семян сои сортов северного экотипа в фазу полной спелости (R8), в среднем за 2019–2021 гг.

Показатель	Сорт			В среднем по сортам	НСР ₀₅
	Окская	Магева	Светлая		
Урожайность семян, т/га	2,30	2,25	2,54	2,36	0,12
Содержание сырого белка, % АСВ	39,0	40,1	41,9	40,4	2,01
Сбор сырого белка, кг/га	897	903	1066	955	48
Сбор незаменимых аминокислот, кг/га	502	505	638	548	27
Сбор кормовых единиц, тыс. к.е./га	3,10	3,03	3,51	3,21	0,16

Исследования показали, что в среднем по сортам урожайность семян составила 2,36 т/га, содержание сырого белка – 40,4 %, сбор сырого белка с урожаем семян – 955 кг/га, сбор незаменимых аминокислот – 548 кг/га, при этом выход кормовых единиц составил 3,21 тыс./га (см. табл. 4).

Обращает на себя внимание факт, что выход кормовых единиц с урожаем сухой надземной биомассы, убранной в фазу (R6), оказался в 1,30 раза больше, чем с урожаем семян, убранным в фазу полной спелости (R8). Этот факт свидетельствует о целесообразности использования надземной биомассы сои сортов северного экотипа в технологиях кормопроизводства и оправдывает направление селекции по созданию зеленоукосных ее сортов [1].

Заключение. В условиях Центрального Нечерноземья на среднеподзоленных дерново-подзолистых среднесуглинистых слабогумусированных почвах максимальная урожайность надземной биомассы сои (сырой и сухой) приходится на фазу полного налива семян. При этом сырой биомассы содержится 24,7 т/га, сухой – 8,39 т/га, сбор сырого белка с урожаем сухой биомассы – 1379 кг/га, что эквивалентно 4,19 тыс. к.е./га.

Максимальную продуктивность продемонстрировал сорт Окская. Урожайность сырой надземной биомассы составила 26,9 т/га, сухой – 8,86 т/га, сбор сырого белка с урожаем – 1422 кг/га, выход кормовых единиц – 3,10 тыс. Сорта Магева и Светлая уступают сорту Окская по урожаю сырой надземной на 2,20–4,2 т/га, сухой надземной биомассы на 0,45–0,96 т/га, по сбору кормовых единиц на 0,23–0,24 тыс. к.е./га.

Сбор кормовых единиц с урожаем сухой биомассы (4,19 тыс. к.е./га) превосходит сбор кормовых единиц с урожаем семян (3,21 тыс. к.е./га) на 0,98 тыс. к.е., или в 1,30 раза. Это свидетельствует о целесообразности использования надземной биомассы сои сортов северного экотипа в технологиях кормопроизводства и оправдывает направление селекции по созданию сортов зеленоукосного направления в этом регионе.



1. Вишнякова М. А., Сеферова И. В., Самсонова М. Г. Требования к исходному материалу для селекции сои в контексте современных биотехнологий // *Сельскохозяйственная биология*. 2017. Т. 52. № 5. С. 905–916.
2. Гатаулина Г. Г., Заренкова Н. В., Никитина С. С. Сорты сои северного экотипа: как погода влияет на рост, развитие, формирование урожая и его вариабельность // *Кормопроизводство*. 2019. № 7. С. 34–40.
3. Головина Е. В., Зотиков В. И., Зайцев В. Н., Кирсанова Е. В. Накопление сырого протеина и сырого жира растениями сортов сои северного экотипа // *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2016. № 3(19). С. 62–70.
4. Гончаров В. Д., Рау В. В. Решение проблемы кормового белка в животноводстве // *Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве*. 2019. № 1(46). С. 64–69.
5. Дорохов А. С., Бельшккина 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.
6. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1989. 335 с.
7. Завалин А. А. Биологический и минеральный азот в земледелии России. М.: Изд-во ВНИИ агрохимии имени Д.Н. Прянишникова, 2022. 256 с.
8. Посыпанов Г. С. Биологический азот. Проблемы экологии и растительного белка. М.: Инфра-М, 2015. 251 с.
9. Синеговская В. Т., Наумченко Е. Т., Кобозева Т. П. Методы исследований в полевых опытах с соей. Благовещенск: ФГБНУ Всероссийский НИИ сои, 2016. 116 с.
10. The Study of Possible Soybean Introduction into New Cultivation Regions Based on the Climate Change Analysis and the Agro-Ecological Testing of the Varieties / M. Belyshkina et al. // *Agronomy*. 2023. Т. 13. No. 2. 610 p.
11. Heat stress in grain legumes during reproductive and grain-filling phases / M. Farooq et al. // *Crop and Pasture Science*. 2017. Vol. 68. No. 10–11. P. 985–1005.
12. 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. No. 3. P. 667–681.

REFERENCES

1. Vishnyakova M.A., Seferova I.V., Samsonova M.G. Requirements for the source material for soybean breeding in the context of modern biotechnologies. *Agricultural biology*. 2017;(52):905–916. (In Russ.).
2. Gataulina G. G., Zarenkova N. V., Nikitina S. S. Soybean varieties of the northern ecotype: how the weather affects the growth, development, formation of the crop and its variability. *Feed production*. 2019;(7):34–40. (In Russ.).
3. Golovina E. V., Zotikov V.I., Zaitsev V.N., Kirsanova E.V. Accumulation of crude protein and crude fat by plants of soybean varieties of the northern ecotype. *Legumes and cereals*. 2016;3(19):62–70. (In Russ.).
4. Goncharov V. D., Rau V. V. Solving the problem of feed protein in animal husbandry. *Economics, labor, management in agriculture*. 2019;1(46): 64–69. (In Russ.).
5. 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):34–39. (In Russ.).
6. Dospekhov B. A. Methodology of field experience. M.: Kolos; 1989. 335 p. (In Russ.).
7. Zavalin A. A. Biological and mineral nitrogen in agriculture of Russia. M.: Publishing House of the D.N. Pryanishnikov Institute of Agrochemistry; 2022. 256 p. (In Russ.).
8. Posypanov G. S. Biological nitrogen. Problems of ecology and plant protein: monograph. M.: Infra-M; 2015. 251 p. (In Russ.).
9. 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. (In Russ.).
10. The Study of Possible Soybean Introduction into New Cultivation Regions Based on the Climate Change Analysis and the Agro-Ecological Testing of the Varieties / M. Belyshkina et al. *Agronomy*. 2023;13(2):610.
11. Heat stress in grain legumes during reproductive and grain-filling phases / M. Farooq et al. *Crop and Pasture Science*. 2017;68(10–11):985–1005.
12. Jumrani K., Bhatia V. S. Interactive influence of temperature and water stress on physiological and biochemical processes in soy. *Physiology and molecular biology of plants*. 2019;25(3):667–681.

Статья поступила в редакцию 11.10.2023; одобрена после рецензирования 19.10.2023; принята к публикации 23.10.2023.
The article was 11.10.2023; approved after 19.10.2023; accepted for publication 23.10.2023.

