

doi:10.18286/1816-4501-2024-1-6-12

УДК 633.34:575.224

### Влияние условий влагообеспеченности вегетационного периода на продуктивность и кормовую ценность сои

**М. Е. Бельшикина**✉, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории инновационных технологий и оборудования для переработки продукции растениеводства

**Т. П. Кобозева**, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник лаборатории инновационных технологий и оборудования для переработки продукции растениеводства

ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»

109428, г. Москва, 1-й Институтский проезд, 5

✉ bely-mari@yandex.ru

**Резюме.** В статье представлены результаты исследований по сравнительному изучению формирования урожая надземной биомассы и семян сои в разные по влагообеспеченности годы в условиях Центрального Нечерноземья. Полевые опыты закладывали на экспериментальной базе Российского государственного аграрного университета – МСХА имени К.А. Тимирязева в период с 2008 по 2020 гг. в условиях естественной влагообеспеченности на индетерминантном сорте сои Окская. Установлено, что максимальное накопление сырой и сухой надземной биомассы, сырого белка и кормовых единиц в агроценозе сои наблюдаются в фазу полного налива семян (R6). Средний по опыту максимальный урожай сырой надземной биомассы составил 24,8 т/га, сухой надземной биомассы – 6,82 т/га, сбор белка с урожаем сухой надземной биомассы – 1278 кг/га, сбор кормовых единиц – 3,68 т/га. Повышение уровня влагообеспеченности способствовало существенному увеличению урожая сырой надземной биомассы – в 1,09...1,19 раза, сухой надземной биомассы – в 1,08...1,15 раза, сбора белка с урожаем сухой надземной биомассы – в 1,10...1,21 раза, сбора кормовых единиц с урожаем сухой надземной биомассы – в 1,07...1,14 раза. В среднем по опыту урожай семян составил 2,54 т/га, сбор белка с урожаем семян – 1008 кг/га, сбор кормовых единиц – 3,40 т/га. Повышение уровня влагообеспеченности способствовало увеличению урожайности семян – в 1,14...1,21 раза, сбора сырого белка с единицы площади – в 1,19...1,31 раза, сбора кормовых единиц – в 1,13...1,21 раза.

**Ключевые слова:** соя, северный экотип, урожайность, надземная сырая биомасса, надземная сухая биомасса, сырой белок, незаменимые аминокислоты, кормовые единицы, инокуляция, симбиотическая азотфиксация.

**Для цитирования:** Бельшикина М. Е., Кобозева Т. П. Влияние условий влагообеспеченности вегетационного периода на продуктивность и кормовую ценность сои // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2024. № 1 (65). С. 6-12. doi:10.18286/1816-4501-2024-1-6-12

### The influence of moisture conditions during the growing season on productivity and feed value of soybeans

**М. Е. Belyshkina**✉, **T. P. Kobozeva**

Federal State Budgetary Institution "Federal Scientific Agroengineering Center VIM"

109428, Moscow, 1st Institutsky dr., 5

✉ bely-mari@yandex.ru

**Abstract.** The article presents results of the research on a comparative study of yield formation of the of above-ground biomass and soybean seeds in years of different moisture availability in the conditions of the Central Non-Black soil Region. Field experiments were carried out at the experimental base of the Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev on Okskaya indeterminate soybean variety in the conditions of natural moisture supply from 2008 to 2020. It was established that the maximum accumulation of raw and dry above-ground biomass, crude protein and feed units in the soybean agroecosystem was observed in the phase of full filling of seeds (R6). The average maximum yield of raw above-ground biomass was 24.8 t/ha, dry above-ground biomass - 6.82 t/ha, protein yield with the yield of dry above-ground biomass - 1278 kg/ha, yield of feed units - 3.68 t/ha. An increase in the level of moisture supply contributed to a significant increase in the yield of raw above-ground biomass - by 1.09...1.19 times, dry above-ground biomass - by 1.08...1.15 times, protein yield with the yield of dry above-ground biomass - by 1.10...1.21 times, yield of feed units with a yield of dry above-ground biomass – by 1.07...1.14 times. On average, the seed yield

was 2.54 t/ha, the yield of protein with the seed yield was 1008 kg/ha, the yield of feed units was 3.40 t/ha in the experiment. An increase of the level of moisture supply contributed to an increase in seed yield - by 1.14...1.21 times, the crude protein yield per unit area - by 1.19...1.31 times, and the yield of feed units - by 1.13...1.21 times.

**Keywords:** soybean, northern ecotype, yield, above-ground raw biomass, above-ground dry biomass, crude protein, essential amino acids, feed units, inoculation, symbiotic nitrogen fixation.

**For citation:** Belyshkina M. E., Kobozeva T. P. The influence of moisture conditions during the growing season on productivity and feed value of soybeans // Vestnik of Ulyanovsk state agricultural academy. 2024;1(65): 6-12 doi:10.18286/1816-4501-2024-1-6-12

## Введение

Дефицит белка в мире по разным источникам составляет около 25...30 млн т в год, он продолжает увеличиваться в связи ростом населения планеты и затрагивает Россию. Одной из самых высокобелковых культур, возделываемых человеком, является соя. Известно, что содержание белка в зерне сои может достигать 57 % (в среднем 40 %), он на 90 % состоит из легкорастворимых фракций (альбуминов и глобулинов), усваивается на 80–90 % и по биологической ценности превосходит стандарт ФАО/ВОЗ, что обуславливает широкое его использование в пищевой и комбикормовой промышленности [1]. Зеленая биомасса сои используется ограниченно, главным образом для приготовления сбалансированного по белку силоса в смеси с кукурузой и другими злаковыми культурами, ее роль в отечественном кормопроизводстве незначительна, а зеленоукосное направление в отечественном соеводстве практически отсутствует [2].

В настоящее время соеводство России представляет собой динамично развивающуюся отрасль, благодаря широкой интродукции сои в новые регионы, в том числе в Центральное Нечерноземье на основе создания уникальных отечественных сортов северного экотипа, созревающих при сумме активных температур 1700...1900 °С за 90...120 дней при урожайности семян 2,5...3,5 т/га [3].

За предшествующую настоящему времени половину столетия агроклиматические условия в Центральном районе Нечерноземной зоны значительно изменились, наблюдается тенденция к повышению среднемесячных температур и снижению количества выпадающих за вегетацию осадков [4–7]. Так, значения суммы активных температур возросли в зависимости от агроклиматической подзоны от 1700...2200 °С до 1950...2400 °С, при этом сократилось количество выпадающих осадков за вегетационный период в среднем на 20...40 мм, ГТК в среднем снизился на 0,3–0,4 пункта и его значение находится в диапазоне от 1,1...1,4 [8]. Известно, что у сои недостаток влаги, особенно в критический период водопотребления (от фазы цветения до фазы полного налива семян) отрицательно сказывается на всем производственном процессе, величине урожая и его качестве [9–13].

Решение проблемы регулирования водного режима откроет новые перспективы для расширения кормовой базы отечественного животноводства в Центральном Нечерноземье за счет использования кормового потенциала не только зерна, но и

надземной биомассы (сырой и сухой). Важно также понимать, что использование надземной биомассы в годы с дефицитом тепла, когда созревание оказывается под угрозой, является единственным способом спасения урожая во многих соесеющих регионах страны.

Цель исследований – дать сравнительную оценку урожайности, белковой продуктивности и кормовой ценности семян и надземной биомассы сои в разные по влагообеспеченности годы.

Задачи исследований:

1. Определить динамику накопления надземной биомассы (сырой и сухой) по величине, белковой продуктивности и кормовой ценности у сои северного экотипа в зависимости от условий влагообеспеченности.

2. Выявить фазу максимальной продуктивности надземной биомассы в агроценозе сои.

3. Определить вклад органов растений (стеблей, листьев и бобов) в урожай надземной биомассы и его белковую продуктивность.

4. Дать сравнительную оценку агроценозу сои по урожайности семян и продуктивности надземной биомассы.

## Материалы и методы

Полевые опыты по оценке урожайности, белковой продуктивности и кормовой ценности семян и надземной биомассы сои проводили в соответствии со стандартными апробированными методиками на опытном поле ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева» в период с 2008 по 2020 гг. в условиях естественной влагообеспеченности на индетерминантном сорте сои Окская (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»). Перед посевом семена инокулировали штаммом клубеньковых бактерий 6356 *Rhizobium japonicum* в виде ризоторфина [14].

Фазы развития фиксировали в соответствии со шкалой микрофаз [15, 16]. Уровень влагообеспеченности оценивали по величине гидротермического коэффициента увлажнения Г.Т. Селянинова (ГТК) в критический период водопотребления (от фазы начала цветения – R1 до фазы полного налива семян – R6). Годы по влагообеспеченности были условно разделены на три группы: с недостаточной влагообеспеченностью (ГТК < 0,7); с оптимальной

#### 4.1.1. Общее земледелие и растениеводство (сельскохозяйственные науки)

влажностью (ГТК 0,7...1,4); с избыточной влажностью (ГТК>1,4).

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

Статистическую обработку результатов исследований проводили методом дисперсионного

анализа по Б.А. Доспехову (Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1989. 335 с.)

#### Результаты

В среднем вегетационный период у сорта Окская в условиях Центрального Нечерноземья составляет 113 дней, варьирует в пределах от 101 до 125 дней, при дефиците влаги он на 15 дней короче, чем при оптимальной влажобеспеченности и на 24 дня короче, чем при избыточном увлажнении (рис. 1).

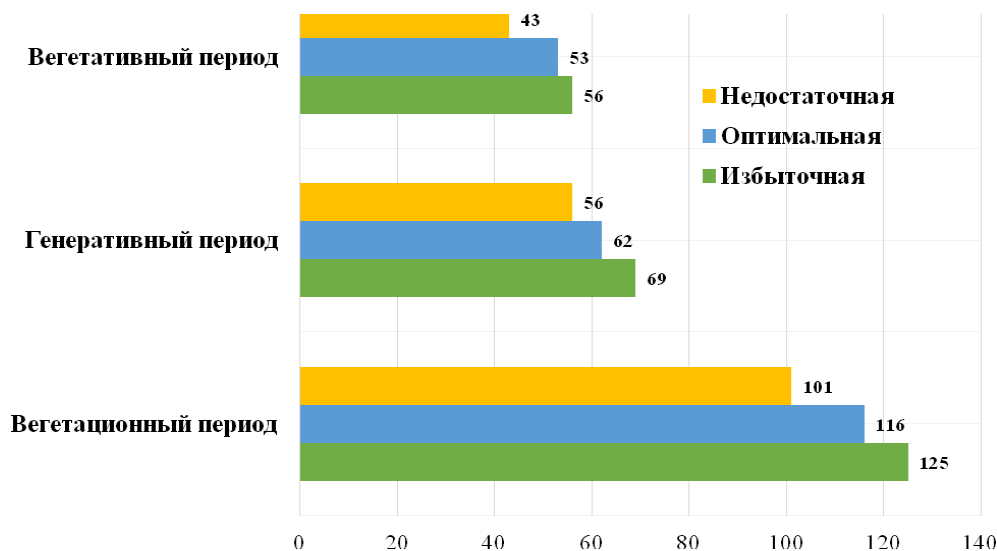


Рис. 1. Продолжительность вегетационного периода сои в разные по влажобеспеченности годы, дней

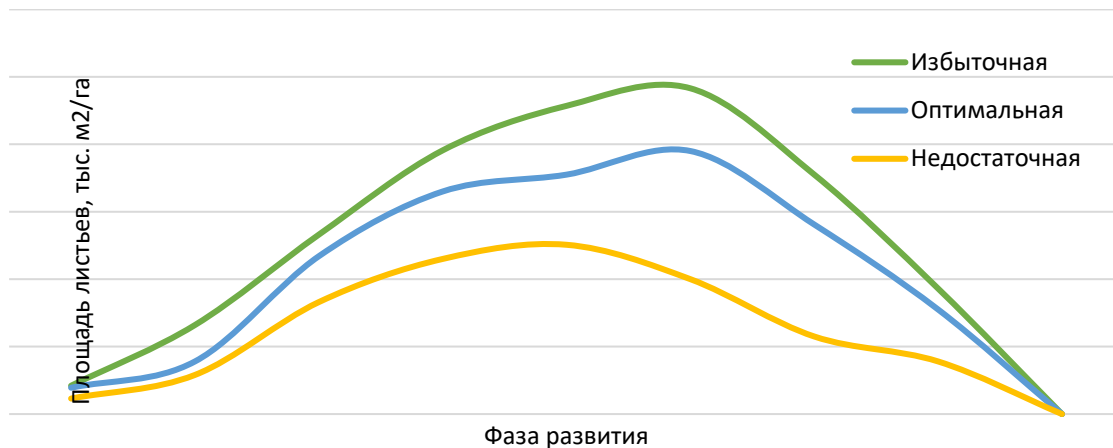


Рис.2. Динамика площади листьев в агроценозе сои в разные по влажобеспеченности годы, тыс. м²/га

Важной составляющей продукционного процесса является площадь фотосинтезирующей поверхности, от ее величины и активности в конечном итоге зависит продуктивность агроценоза. Площадь листьев в агроценозе сои достигает максимума к фазе начала налива семян (R5). Далее наблюдается снижение этого показателя за счет отмирания нижних листьев, к фазе полной спелости (R8) листья желтеют и полностью опадают (рис. 2).

В среднем по опыту максимальная площадь листьев составляет 35,8 тыс. м²/га. В годы с недостаточной влажобеспеченностью максимальная

площадь листьев не превышает 25,4 тыс. м²/га, с оптимальной составляет 39,0 тыс. м²/га (или на 13,6 тыс. м²/га больше), при избыточной достигает 48,3 тыс. м²/га (или на 28,3 тыс. м²/га больше), то есть увеличивается в 1,95...2,40 раза соответственно, при этом фотосинтетический потенциал посева возрастает в 1,76...2,50 раза.

В соответствии с динамикой формирования площади листовой поверхности происходит накопление биомассы агроценоза в целом и его надземной части в частности (рис. 3, 4). Во все годы эксперимента 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, абортивности бобов, сырая и сухая биомасса растений уменьшается.

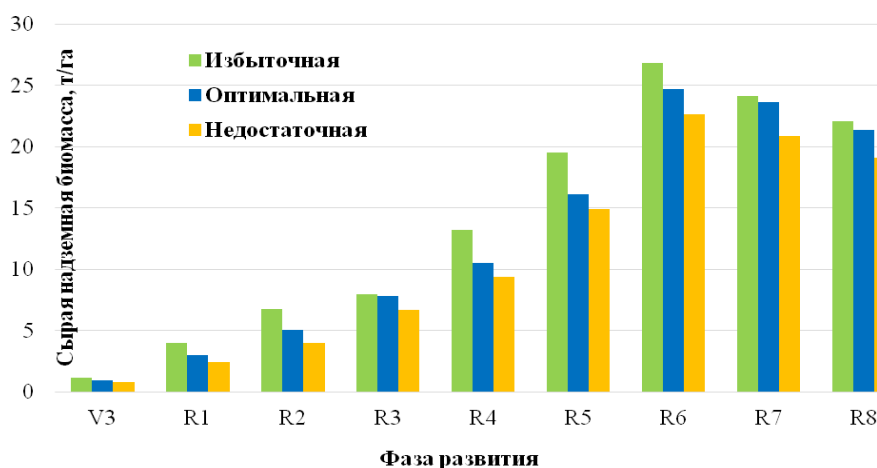
В среднем по опыту максимальный урожай сырой надземной биомассы составляет 24,8 т/га, сухой надземной биомассы – 6,82 т/га, сбор белка с урожаем сухой надземной биомассы – 1278 кг/га, содержание белка – 16,67 %, сбор незаменимых

аминокислот – 767 кг/га, сбор лизина – 61 кг/га, сбор кормовых единиц – 3,68 т/га (табл. 1).

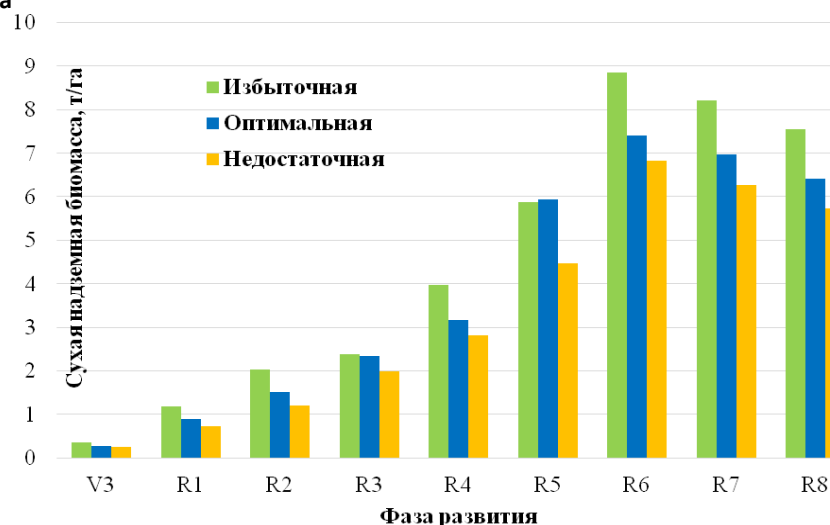
Максимальный урожай сырой надземной биомассы в среднем в годы с недостаточной влагообеспеченностью достигает 22,7 т/га, с оптимальной – 24,7 т/га (на 2,0 т/га больше), при избыточной – 26,9 т/га (на 4,2 т/га больше) или в 1,09...1,19 раза соответственно (табл. 1, рис. 3).

**Таблица 1. Урожайность, белковая продуктивность и кормовая ценность надземной биомассы сои в фазу полного налива семян (R6) в разные по влагообеспеченности годы**

Показатель	Влагообеспеченность			В среднем по опыту	НСР <sub>05</sub>
	недостаточная	оптимальная	избыточная		
Урожайность сырой надземной биомассы, т/га	22,7	24,7	26,9	24,8	1,24
Урожайность сухой надземной биомассы, т/га	6,82	7,41	7,86	7,69	0,38
Содержание белка, % от абсолютно сухого вещества	17,03	17,12	15,87	16,67	0,83
Сбор белка, кг/га	1161	1268	1406	1278	64
Сбор незаменимых аминокислот, кг/га	696	761	843	767	38
Сбор лизина, кг/га	56	61	67	61	3
Сбор кормовых единиц, т/га	3,41	3,71	3,93	3,68	0,21



**Рис. 3. Динамика накопления сырой надземной биомассы агроценозом сои в разные по влагообеспеченности годы, т/га**



**Рис. 4. Динамика накопления сухой надземной биомассы агроценозом сои в разные по влагообеспеченности годы, т/га**

#### 4.1.1. Общее земледелие и растениеводство (сельскохозяйственные науки)

Максимальный урожай сухой надземной биомассы в годы с недостаточной влагообеспеченностью составляет 6,82 т/га, с оптимальной – 7,41 т/га (на 0,59 т/га больше), при избыточной – 7,86 т/га (на 1,4 т/га больше) или в 1,08...1,15 раза, соответственно (табл. 1, рис. 4).

В формирование урожайности, белковой продуктивности и кормовой ценности семян и надземной биомассы сои вносят вклад вегетативные и генеративные органы растения [17, 18]. При этом соотношение доли вклада на разных этапах роста и развития растений сои изменяется [19, 20]. В исследованиях была поставлена задача проанализировать вклад листьев, стеблей и бобов в накопление сухой надземной биомассы по фазам развития, результаты представлены на рисунках 5 и 6. Установлено, что в течение вегетации доля листьев в общей массе снижается от фазы третьего узла (V3) до фазы полного созревания (V8) с 52,0 % до 0,0 %, при этом в фазу полного налива семян (R6), то есть в фазу

максимального накопления сухой надземной биомассы доля листьев составляет 23,0 % (рис. 5).

Доля стеблей в сухой надземной биомассе в течение вегетации варьирует в меньшей степени, она уменьшается от 48,0 % в фазу третьего узла (V3) до 36,0 % к фазе полного налива семян (R6), затем снова увеличивается до 42,0 % к фазе полного созревания (R8).

Доля бобов в сухой надземной биомассе нарастает от 8,0 % в фазу полного цветения – начала образования бобов (R2–R3) до 58 % в фазу полного созревания (R8), при этом в фазу полного налива семян (R6) на бобы приходится 41,0 % (рис. 6).

Установлено, что вклад листьев в сбор сырого белка снижается от фазы третьего узла (V3) до фазы полного созревания (V8) с 82,0 % до 0,0 %, при этом в фазу полного налива семян (R6), то есть в фазу максимального накопления сухой надземной биомассы за счет листьев накапливается около 20,0 % белка (рис. 7).

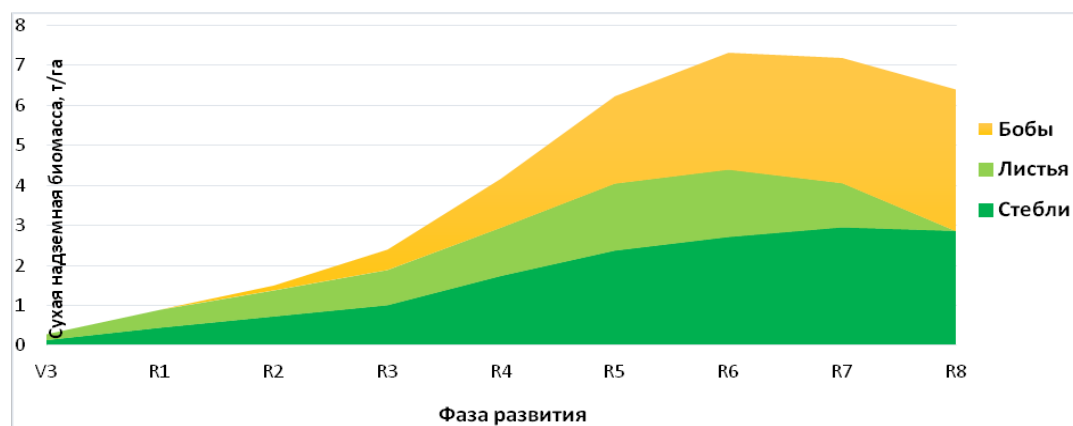


Рис. 5. Вклад стеблей, листьев, бобов в накопление сухой надземной биомассы агроценозом сои по фазам развития, в среднем по опыту, т/га

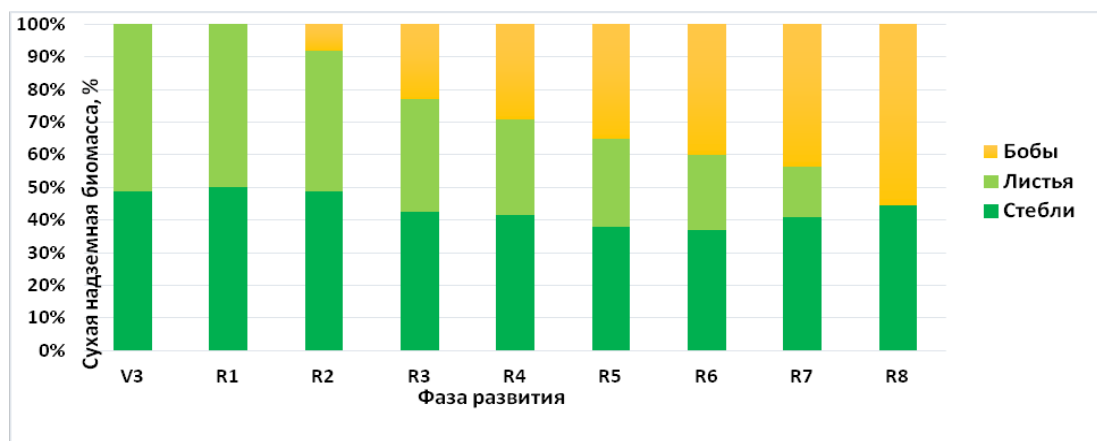


Рис. 6. Доля листьев, стеблей, бобов в сухой надземной биомассе агроценоза сои по фазам развития, в среднем по опыту, %

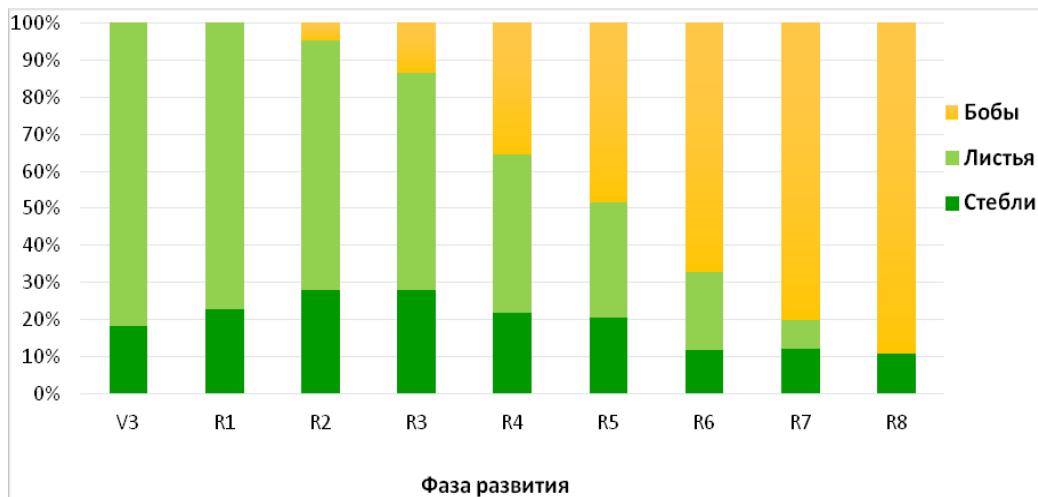


Рис. 7. Вклад (%) листьев, стеблей, бобов в сбор сырого белка с урожаем сухой надземной биомассы сои по фазам развития, в среднем по опыту

Вклад стеблей в сбор белка с урожаем сухой надземной биомассы варьирует в меньшей степени: от 19,0 % в фазу третьего узла (V3) до 29,0 % к фазе полного цветения – начала образования бобов (R2–R3), затем постепенно снижается до 10,0 % к фазе полного созревания (R8). В фазу полного налива семян (R6) доля сырого белка, полученного за счет урожая стеблей, не превышает 11,0 %.

Вклад бобов в сбор белка с урожаем сухой надземной биомассы нарастает от 4,0 % в фазу полного цветения – начала образования бобов (R2–R3) до 90,0 % в фазу полного созревания (R8), при этом в фазу полного налива семян (R6) на бобы приходится 69,0 %.

В среднем по опыту, в фазу полного налива семян (R6) 41,0 % сухой надземной биомассы и 69,0 % сырого белка накапливается за счет бобов. При этом содержание белка в бобах достигает 30,1 % (рис. 8). Вклад стеблей в урожай сухой надземной биомассы составляет 36,0 %, за счет стеблей накапливается 11,0 % белка при его содержании 5,8 %. Вклад

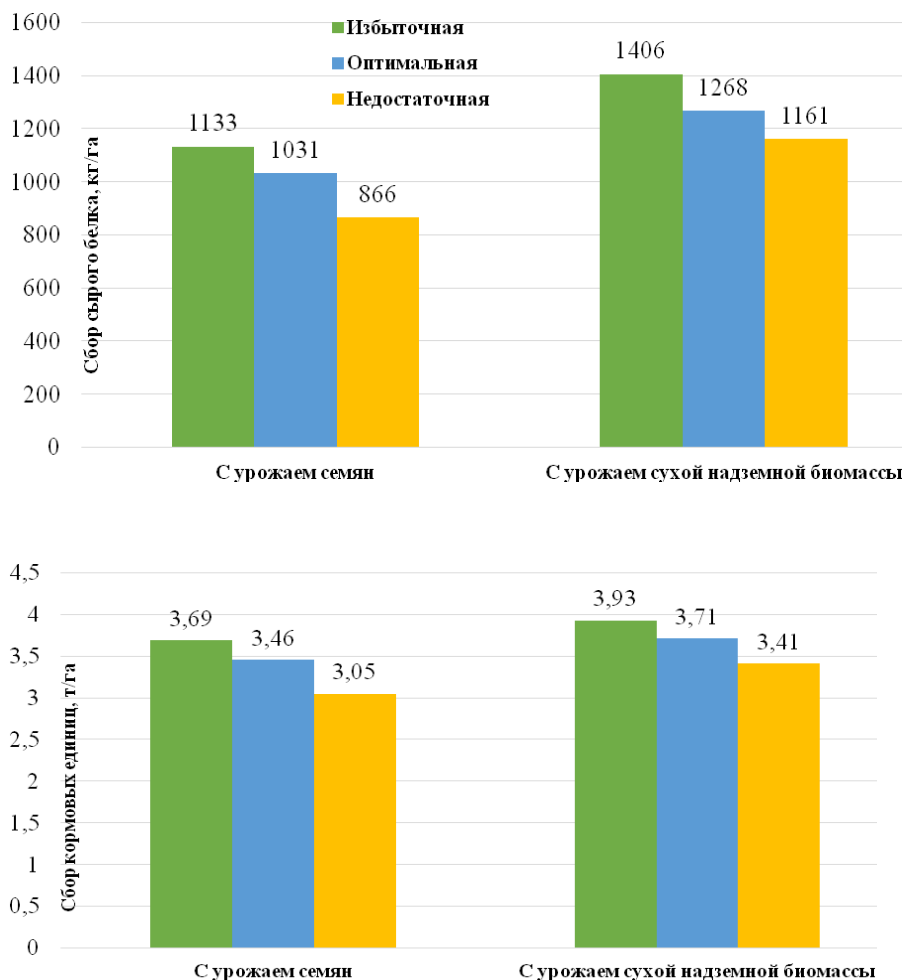
листьев составляет 23,0 %, за счет листьев накапливается 20,0 % белка при его содержании 20,9 %.

Урожайность семян сорта Окская в среднем по опыту составляет 2,54 т/га, сбор белка с урожаем семян – 1008 кг/га, содержание белка – 39,71 %, сбор незаменимых аминокислот – 680 кг/га, сбор лизина – 48 кг/га, сбор кормовых единиц – 3,40 т/га (табл. 2).

В годы с недостаточной влагообеспеченностью урожайность семян составляет 2,28 т/га, с оптимальной – 2,59 кг/га (на 0,21 т/га больше), при избыточной – 2,76 т/га (на 0,48 т/га больше) или в 1,14...1,21 раза соответственно. При этом, чем выше уровень влагообеспеченности, тем достоверно выше содержание сырого белка в семенах (на 2,13...3,3 %), существенно возрастает сбор сырого белка с единицы площади (на 165...267 кг/га, или в 1,19...1,31 раза), сбор незаменимых аминокислот (на 100...161 кг/га) и сбор кормовых единиц (на 0,45...0,64 т/га, или в 1,13...1,21 раза).

Таблица 2. Урожайность, белковая продуктивность и кормовая ценность семян сои в разные по влагообеспеченности годы

Показатель	Влагообеспеченность			В среднем по опыту	НСР05
	недостаточная	оптимальная	избыточная		
Урожайность семян, т/га	2,28	2,59	2,76	2,54	0,13
Содержание сырого белка, %	38,0	40,0	41,1	39,7	1,98
Сбор белка, кг/га	866	1031	1133	1008	50
Сбор незаменимых аминокислот, кг/га	519	619	680	605	30
Сбор лизина с урожаем семян, кг/га	41	49	54	48	2
Сбор кормовых единиц, т/га	3,05	3,46	3,69	3,40	0,17



**Рис. 8. Сбор сырого белка и кормовых единиц с урожаем семян сои (в фазу полной спелости – R8) и с урожаем сухой надземной биомассы (в фазу полного налива семян – R6) в разные по влагообеспеченности годы**

Исследования показали, что урожай надземной биомассы, убранной в фазу полного налива семян (R6), существенно превышает урожай семян: по сбору сухого вещества в среднем – в 2,69 раза, сбору белка – в 1,27 раза, сбору незаменимых аминокислот – в 1,13 раза, сбору лизина – в 1,27 раза, сбору кормовых единиц – в 1,08 раза. При этом среднее содержание сырого белка в надземной биомассе сои достигает 16,67 %, что больше, чем в зерне большинства хлебных злаков. Все это свидетельствует в пользу того, что надземную биомассу сои в условиях Центрального Нечерноземья можно успешно использовать на кормовые цели в качестве грубого и сочного корма.

#### Обсуждение

Необходимость создания сортов сои зеленоукосного направления неоднократно обосновывали ведущие специалисты Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова [21]. Учеными Беларуси подтверждена высокая кормовая продуктивность надземной биомассы сои существующих сортов при производстве сочных и грубых кормов (сена, сенажа, силоса) [22].

Более ранними нашими исследованиями обоснована перспективность использования зеленой биомассы сои в качестве фактора повышения протеиновой ценности кормов из кукурузы в Центральном Нечерноземье [23]. Настоящее исследование является продолжением этой работы и доказывает высокую кормовую ценность и белковую продуктивность не только зерна, но и надземной биомассы сои, подчеркивая преимущество последней по урожайности, выходу сухого вещества, белка, незаменимых аминокислот и кормовых единиц с единицы площади в разных по влагообеспеченности условиях Нечерноземной зоны Российской Федерации.

#### Заключение

1. Урожай семян сорта Окская в среднем по опыту составляет 2,54 т/га, сбор белка с урожаем семян – 1008 кг/га, содержание белка – 39,71 %, сбор незаменимых аминокислот – 680 кг/га, сбор лизина – 48 кг/га, сбор кормовых единиц – 3,40 т/га.

2. Максимальный урожай сырой и сухой надземной биомассы, максимальный сбор сырого белка и кормовых единиц наблюдается в фазу полного налива семян (R6) и в среднем по опыту составляет: сырой надземной биомассы – 24,8 т/га, сухой

надземной биомассы – 6,82 т/га, при этом сбор белка с урожаем сухой надземной биомассы достигает 1278 кг/га, сбор кормовых единиц – 3,68 т/га.

3. Вклад листьев в урожай сухой надземной биомассы в фазу полного налива семян (R6) составляет 23,0 %, за счет листьев накапливается 20,0 % белка при его содержании 20,9 %. Вклад стеблей в урожай сухой надземной биомассы составляет 36,0 %, за счет стеблей накапливается 11,0 % белка при его содержании 5,8 %. Вклад бобов достигает 41,0 %, за счет бобов накапливается 69,0 % сырого белка при его содержании 30,1 %.

4. Повышение уровня влагообеспеченности существенно увеличивает продуктивность сои: урожайность семян – в 1,14...1,21 раза, сбор сырого

белка с урожаем семян – в 1,19...1,31 раза, сбор кормовых единиц с урожаем семян – в 1,13...1,21 раза; урожайность сырой надземной биомассы – в 1,09...1,19 раза, сухой надземной биомассы – в 1,08...1,15 раза, сбор белка с урожаем сухой надземной биомассы – в 1,10...1,21 раза, сбор кормовых единиц с урожаем сухой надземной биомассы – в 1,07...1,14 раза.

5. Урожай надземной биомассы, убранной в фазу полного налива семян (R6), существенно превышает урожай семян, убранный в фазу полной спелости (R8): по сбору сухого вещества – в 2,69 раза, сбору белка – в 1,27 раза, сбору кормовых единиц – в 1,08 раза.

### Литература

1. Посыпанов Г.С. Биологический азот. Проблемы экологии и растительного белка: монография. Москва: Инфра-М, 2015. 251 с.
2. Омелянюк Л. В., Танакулов А. Х., Асанов А. М. Продуктивность скороспелых сортов и линий сои в зависимости от изменяющихся условий произрастания // Омский научный вестник. 2012. № 1 (108). С. 195–198.
3. Гуреева Е. В. Влияние гидротермических условий на урожайность семян сои в условиях Рязанской области // Земледелие. 2018. № 7. С. 34–35.
4. Гатаулина Г. Г., Бельшклина М. Е., Медведева Н. В. Урожайность семян и элементы продуктивности у разнотипных сортов люпина белого (*Lupinus albus* L.) в разные по метеорологическим условиям годы // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2016. № 6. С. 32–44.
5. 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.
6. Суховеева О.Э. Влияние современных изменений климата на продуктивность сельскохозяйственных культур в Нечерноземье // География и природные ресурсы. 2014. № 2. С. 71–77.
7. Siptits S. O., Romanenko I. A., Evdokimova N. E. Model estimates of climate impact on grain and leguminous crops yield in the regions of Russia // Studies on Russian Economic Development. 2021. Vol. 32. No. 2. P. 169–176. doi: 10.1134/S1075700721020040.
8. Бельшклина М. Е., Загоруйко М. Г. Особенности продукционного процесса сортов сои разных регионов районирования в агроклиматических условиях ЦРНЗ РФ // Аграрный научный журнал. 2022. № 3. С. 4–9. doi:10.28983/asj.y2022i3pp4-9.
9. Альт В. В., Исакова С. П. Планирование производства продукции растениеводства с применением цифровых технологий // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2022. Т. 16. № 3. С. 12–19.
10. Growth and developmental responses of crop plants under drought stress: a review / S. A. Anjum, A. Zohaib, I. Ali, et al. // Zemdirbyste. 2017. Vol. 104. № 3. P. 267–276.
11. Trends of soybean yields under climate change scenarios / F. Eulenstein, M. Lana, M. Tauschke et. al. // Horticulturae. 2017. Vol. 3. № 1. P. 10
12. Heat stress in grain legumes during reproductive and grain-filling phases / M. Farooq, F. Nadeem, A. Ullah, et al. // Crop and Pasture Science. 2017. Vol. 68. № 10–11. P. 985–1005. doi:10.1071/CP17012.
13. 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. doi: 10.1007/s12298-019-00657-5
14. Бельшклина М. Е. Соя в Центральном Нечерноземье: монография. М.: Российский государственный аграрный университет. МСХА им. К.А. Тимирязева. 2012. 130 с. ISBN: 978-5-9675-0725-0
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. Синеговская В. Т., Наумченко Е. Т., Кобозева Т. П. Методы исследований в полевых опытах с соей. Благовещенск: ФГБНУ Всероссийский НИИ сои. 2016. 116 с.
17. Розенцвейг В. Е., Голоенко Д. В., Давыденко О. Г. Реакция генотипов сои с различной структурой продуктивности на изменения условий и дифференцирующая способность среды // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. 2009. № 1 (140). С. 79–84.



18. Поползухина Н.А., Кадермас И.Г., Озякова Е.Н. Особенности формирования ассимиляционной поверхности, клубенькообразующей способности и адаптивности зернобобовых культур в условиях Западно-Сибирского региона // *Advances in Agricultural and Biological Sciences*. 2017. Т. 3. № 2. С. 21–29.

19. Бендина Я. Б. Урожайность сои в зависимости от накопления сухой биомассы в условиях Южной лесостепи Западной Сибири // *Аграрная Россия*. 2019. № 4. С. 24–28.

20. Оценка фотосинтетической и симбиотической эффективности зернобобовых культур в различных агроэкологических условиях / Н. А. Поползухина, Е. Н. Озякова, И. Г. Кадермас и др. // *Труды Кубанского государственного аграрного университета*. 2016. № 60. С. 223–230.

21. 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.

22. Короткова О. В., Коротков М. М., Колос Ж. С. Кормовая продуктивность сои различных групп спелости // *Молодежь в науке – 2016: Материалы международной научной конференции*. Минск, 2016. С. 53.

23. Шевченко В. А., Кобозева Т. П., Попова Н. П. Оптимизация кормовой ценности кукурузно-соевого силоса на мелиорированных землях Нечерноземья // М.: Издательство ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова». 2018. 204 с.

#### References

1. Posypanov G. S. Biological nitrogen. Problems of ecology and vegetable protein: monograph. Moscow: Infra-M, 2015. 251 p.

2. Omelyanyuk L.V., Tanakulov A.Kh., Asanov A.M. Productivity of early ripening varieties and lines of soybeans depending on changing growing conditions // *Omsk Scientific Vestnik*. 2012. № 1 (108). P. 195–198.

3. Gureeva E. V. The influence of hydrothermal conditions on yield of soybean seeds in the conditions of Ryazan region // *Agriculture*. 2018. № 7. P. 34–35.

4. Gataulina G. G. Seed yield and productivity elements in different types of white lupine varieties (*Lupinus albus* L.) in years of different meteorological conditions / G. G. Gataulina, M. E. Belyshkina, N. V. Medvedeva // *Izvestia of Timiryazev Agricultural Academy*. – 2016. № 6. P. 32–44.

5. Zaytsev N.I., Revenko V.Yu., Ustarkhanova E.G. Influence of weather factors on productivity of promising soybean lines in the zone of unstable moisture // *Oilseed crops*. 2020. № 2 (182). P. 62–69.

6. Sukhoveeva O.E. The influence of modern climate change on productivity of agricultural crops in the Non- soil Region // *Geography and natural resources*. 2014. № 2. P. 71–77.

7. Siptits S. O., Romanenko I. A., Evdokimova N. E. Model estimates of climate impact on grain and leguminous crop yield in the regions of Russia // *Studies on Russian Economic Development*. 2021. Vol. 32. № 2. P. 169–176. doi: 10.1134/S1075700721020040.

8. Belyshkina M. E., Zagoruyko M. G. Peculiarities of production process of soybean varieties of different zoning regions in the agroclimatic conditions of the Central Regions of the Non-Black soil Zone of the Russian Federation // *Agricultural Scientific Journal*. 2022. № 3. P. 4–9. doi:10.28983/asj.y2022i3pp4-9.

9. Alt V.V., Isakova S.P. Planning of crop production using digital technologies // *Agricultural machines and technologies*. 2022. V. 16. № 3. P. 12–19.

10. Growth and developmental responses of crop plants under drought stress: a review / S. A. Anjum, A. Zohaib, I. Ali, et al. // *Zemdirbyste*. 2017. Vol. 104. № 3. P. 267–276.

11. Trends of soybean yields under climate change scenarios / F. Eulenstein, M. Lana, M. Tauschke et. al. // *Horticulturae*. 2017. Vol. 3. № 1. P. 10.

12. Heat stress in grain legumes during reproductive and grain-filling phases / M. Farooq, F. Nadeem, A. Ullah, et al. // *Crop and Pasture Science*. 2017. Vol. 68. № 10–11. P. 985–1005. doi:10.1071/CP17012.

13. Jumrani, K. Interactive effect of temperature and water stress on physiological and biochemical processes in soybean / K. Jumrani, V.S. Bhatia // *Physiology and Molecular Biology of Plants*. 2019. Vol. 25. № 3. P. 667–681. – doi: 10.1007/s12298-019-00657-5

14. Belyshkina M.E. Soybean in the Central Non-Black soil Region: monograph. M.: Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev. 2012. 130 p. ISBN: 978-5-9675-0725-0

15. Grishin A.P., Grishin A.A., Semenova N.A. A method for controlling plant productivity // *Agricultural machines and technologies*. 2021. Vol. 15. № 2. P. 69–74.

16. Sinogovskaya V. T., Naumchenko E. T., Kobozeva T. P. Research methods in field experiments with soybeans. Blagoveshchensk: Federal State Budgetary Institution All-Russian Research Institute of Soybeans, 2016. 116 p.

17. Rosenzweig V. E., Goloenko D. V., Davydenko O. G. Reaction of soybean genotypes with different productivity structures to changes of conditions and differentiating ability of the environment // *Oilseed crops. Scientific and technical Vestnik of the All-Russian Research Institute of Oilseeds*. 2009. № 1 (140). P. 79–84.

18. Popolzhukhina N. A., Kadermas I. G., Ozyakova E. N. Features of formation of the assimilation surface, nodule-forming ability and adaptability of leguminous crops in the conditions of the West Siberian region // *Advances in Agricultural and Biological Sciences*. 2017. V. 3. № 2. P. 21–29.

19. Bendina Ya. B. Soybean yield depending on the accumulation of dry biomass in the conditions of the southern forest-steppe of Western Siberia // Agrarian Russia. 2019. № 4. P. 24–28.
20. Assessment of photosynthetic and symbiotic efficiency of leguminous crops in various agro-ecological conditions / N. A. Popolzukhina, E. N. Ozyakova, I. G. Kadermas et al. // Scientific works of Kuban State Agrarian University. 2016. № 60. P. 223–230.
21. Vishnyakova M. A., Seferova I. V., Samsonova M. G. Requirements for source material for soybean breeding in the context of modern biotechnologies // Agricultural biology. 2017. T. 52. No. 5 .P. 905–916.
22. Korotkova O. V., Korotkov M. M., Kolos Zh. S. Feed productivity of soybeans of different maturity groups // Youth in Science – 2016: Materials of the international scientific conference. Minsk, 2016. P. 53.
23. Shevchenko V. A., Kobozeva T. P., Popova N. P. Optimization of the feed value of corn-soybean silage on reclaimed lands of the Non-Black Earth Region // M.: Publishing house of the FSBSI «FRCHE R named after A.N. Kostyukova». 2018. 204 p.