

#### 4.1.1. ОБЩЕЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И РАСТЕНИЕВОДСТВО (СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ)

Научная статья

УДК 633.853: (631.5+631.559+631.816+631.55.032)

DOI: 10.53914/issn2071-2243\_2023\_1\_26

### Особенности формирования биомассы редьки масличной при оптимизации применения удобрений и сроков уборки в лесостепи ЦФО России

Елена Юрьевна Кузьмина<sup>1✉</sup>, Валерий Петрович Савенков<sup>2</sup>

<sup>1, 2</sup>Липецкий научно-исследовательский институт рапса – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур имени В.С. Пустовойта», Липецк, Россия

<sup>1</sup>lena-kuzmina07@mail.ru<sup>✉</sup>

**Аннотация.** Представлены результаты исследований, проведенных с целью выявления влияния различных доз и технологий применения удобрений на урожай зеленой массы и сухого вещества редьки масличной при различных сроках уборки в условиях лесостепи ЦФО России. В полевом опыте изучались варианты внесения (NPK)<sub>40</sub>, (NPK)<sub>80</sub> осенью под вспашку и (NPK)<sub>40</sub> весной под предпосевную обработку почвы (контроль – без удобрений), а также при проведении некорневых подкормок водорастворимыми макро- и микроудобрениями на фоне основного применения (NPK)<sub>40</sub>. Исследования проводились в 2019–2021 гг. на черноземе выщелоченном среднесиловом тяжелосуглинистом с использованием общепринятых методик. Погодные условия периода вегетации по годам проведения исследований изменялись, но закономерности влияния изучаемых агроприемов на урожайность редьки масличной были близкими. При скашивании редьки масличной в межфазные периоды бутонизация – начало цветения, цветение – начало плодообразования и в фазе полного плодообразования на варианте опыта без удобрений в среднем получен урожай зеленой массы соответственно 292, 318 и 365 ц/га и сухого вещества – 34,48 и 74 ц/га, при этом на фоне применения удобрений он значительно повышался. Продуктивность изучаемой культуры при внесении (NPK)<sub>40</sub> осенью под вспашку была более высокой, чем при использовании аналогичной дозы полного минерального удобрения весной под предпосевную культивацию. Увеличение под основную обработку почвы дозы (NPK)<sub>40</sub> в два раза и проведение на ее фоне некорневых подкормок изучаемыми макро- и микроудобрениями оказывало положительное влияние на формирование биомассы редьки масличной. Наибольший и практически равноценный урожай зеленой массы (501–527 ц/га) и сухого вещества (103–108 ц/га) получен при внесении осенью под вспашку (NPK)<sub>80</sub> и (NPK)<sub>40</sub> в сочетании с двумя некорневыми подкормками препаратами Плантофол или Полидон Амино Старт и Полидон Амино Микс при уборке в фазе полного плодообразования.

**Ключевые слова:** редька масличная, некорневые подкормки, погодные условия, сроки уборки, макро- и микроудобрения, урожай зеленой массы и сухого вещества

**Для цитирования:** Кузьмина Е.Ю., Савенков В.П. Особенности формирования биомассы редьки масличной при оптимизации применения удобрений и сроков уборки в лесостепи ЦФО России // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2023. Т. 16, № 1(76). С. 26–36. [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2023\\_1\\_26](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_1_26)–36.

#### 4.1.1. GENERAL SOIL MANAGEMENT AND CROP SCIENCE (AGRICULTURAL SCIENCES)

Original article

### Peculiarities of formation of oil radish biomass with the optimization of application of fertilizers and harvest time in the forest-steppe of the Central Federal District of Russia

Elena Yu. Kuzmina<sup>1✉</sup>, Valery P. Savenkov<sup>2</sup>

<sup>1, 2</sup>Lipetsk Rapeseed Research Institute – Branch of “Federal Research Center “V.S. Pustovoit All-Russian Scientific Research Institute of Oil Crops” (VNIIMK), Lipetsk, Russia

<sup>1</sup>lena-kuzmina07@mail.ru<sup>✉</sup>

**Abstract.** The authors present the results of experiments conducted in order to identify the effect of various doses and technologies of applying fertilizers on the yield of herbage and dry matter of oil radish at different harvesting times in the forest-steppe conditions of the Central Federal District of Russia. In the field experiment the authors studied the variants of applying (NPK)<sub>40</sub>, (NPK)<sub>80</sub> in autumn under plowing and (NPK)<sub>40</sub> in spring under secondary tillage (no fertilizers in control), as well as foliar fertilizing with water-soluble macro- and microfertilizers on the background of basic application of (NPK)<sub>40</sub>. Studies were carried out in 2019–2021 on leached medium-deep

heavy loamy chernozem using conventional methods. The weather conditions in the growing season varied by the years of research, but the patterns of effect of the studied agricultural practices on the yield of oil radish were similar. Harvesting of oil radish in the interstage periods of budding – beginning of flowering, flowering – beginning of fruit formation, and in the stage of full fruit formation in the experimental variant with no fertilizers gave an average herbage yield of 292, 318, and 365 c/ha, respectively, and the yield of dry matter was 34.48 and 74 c/ha, with a significant increase on the background of fertilizers application. The productivity of the studied crop with the application of (NPK)<sub>40</sub> in autumn under plowing was higher than with the application of a similar dose of complete mineral fertilizer in spring under secondary tillage. Doubling the dose of (NPK)<sub>40</sub> under basic tillage and foliar fertilizing with the studied macro- and microfertilizers on its background had a positive effect on the formation of oil radish biomass. The highest and practically equivalent yield of herbage (501-527 c/ha) and dry matter (103-108 c/ha) was obtained when (NPK)<sub>80</sub> and (NPK)<sub>40</sub> were applied in autumn under plowing in combination with two foliar fertilizations with Plantofol or Polidon Amino Start and Polidon Amino Mix when harvesting in the stage of full fruit formation.

**Key words:** oil radish, foliar fertilizing, weather conditions, harvesting time, macro- and microfertilizers, yield of herbage and dry matter

**For citation:** Kuzmina E.Yu., Savenkov V.P. Peculiarities of formation of oil radish biomass with the optimization of application of fertilizers and harvest time in the forest-steppe of the Central Federal District of Russia. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2023;16(1):26-36. (In Russ.). [https://doi.org/10.53914/issn2071-2243\\_2023\\_1\\_26-36](https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2023_1_26-36).

**Р**едька масличная (*Raphanus sativus* L. var *oleifera* Metzg.) – однолетнее травянистое растение семейства Капустные (*Brassicaceae*), которая наиболее часто выращивается как кормовая сидеральная культура. Зеленая масса редьки масличной характеризуется повышенным содержанием протеина, жира и минеральных веществ (при сравнительно низком количестве клетчатки), богата каротином и витаминами, среди которых наибольшую значимость имеет аскорбиновая кислота.

Введение в рацион крупного рогатого скота зеленых кормов и силоса этой культуры увеличивает продуктивность животных [1, 8, 12, 13]. Биологические особенности роста и развития редьки масличной позволяют использовать ее зеленую массу на корм начиная с весны и до поздней осени, а также для силосования, поэтому она незаменима для организации зеленого конвейера как в чистом виде, так и в смеси с другими культурами.

Редька масличная является ценным зеленым удобрением, так как при заашке ее биомасса быстро разлагается, и в почву поступает такое количество органического вещества и основных элементов питания растений, которое равноценно внесению 30–40 т/га полупревшего навоза. В результате сохраняется плодородие почвы и повышается урожайность последующих полевых культур в севообороте [4, 6, 11].

Эффективность практического использования редьки масличной на кормовые цели или сидерат в наибольшей мере обусловлена ее урожайностью, сформированной к моменту уборки, поэтому особое значение имеет повышение продуктивности этой культуры за счет оптимизации технологии ее выращивания. Редька масличная характеризуется интенсивным типом минерального питания и хорошо отзывается на применение удобрений. Для формирования высоких урожаев зеленой массы и сухого вещества этой кормовой культуры необходимо удобрения вносить в оптимальных дозах в наиболее подходящие сроки и способами, учитывающими ее биологические и сортовые особенности, а также почвенно-климатические и погодные условия региона возделывания [2, 5, 7].

Урожай биомассы редьки масличной прежде всего зависит от сроков уборки, то есть фазы роста и развития при которой производится ее скашивание на соответствующие цели. Известно, что уже в межфазном периоде бутонизация – начало цветения эта культура формирует достаточно высокий урожай зеленой массы, хотя в это время из-за невысокого содержания сухого вещества малопригодна для силосования и заашки в почву в качестве сидерата. В последующие фазы роста и развития редьки масличной ее

биомасса обычно значительно увеличивается, но кормовые достоинства несколько снижаются. В то же время выявлено, что даже при скашивании зеленой массы этой культуры в фазе полного плодообразования ее качество соответствует зоотехническим нормам для кормления сельскохозяйственных животных. В связи с отмеченными выше особенностями при выращивании редьки масличной на зеленый корм скашивание рекомендуется начинать в межфазный период бутонизация – начала цветения и заканчивать в фазе полного плодообразования. Оптимальным сроком уборки урожая зеленой массы для заготовки силоса и запашки в качестве органического удобрения является фаза полного плодообразования, когда содержание сухого вещества увеличивается до 25–30% [3, 9, 10, 14].

Анализ научных публикаций показал, что в настоящее время оптимальные технологии применения удобрений и сроки уборки, которые обеспечивают получение максимально высоких урожаев вегетативной массы при выращивании на корм или сидерат редьки масличной нового сорта Альфа в условиях лесостепи ЦФО России не установлены. Учитывая вышеизложенное, проведение в данном регионе соответствующих исследований является актуальным и имеет большое научное и практическое значение.

Представлены результаты исследований, проведенных с целью изучения влияния различных доз и технологий применения макро- и микроудобрений на урожай зеленой массы и сухого вещества редьки масличной при различных сроках уборки в условиях лесостепи ЦФО России.

#### **Методика исследований**

Исследования по изучению влияния макро- и микроудобрений и сроков уборки на урожай зеленой массы редьки масличной проводились в Липецком НИИ рапса – филиале ФГБНУ ФНЦ «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур имени В.С. Пустовойта» в 2019–2021 гг.

В качестве объекта исследований был взят новый перспективный сорт редьки масличной Альфа.

Ниже приведена схема полевого опыта, который проводился как двухфакторный.

Фактор (А) – первый, второй и третий сроки уборки урожая.

Фактор (В) определялся по следующим вариантам.

1. Контроль (без удобрений).
2. (NPK)<sub>40</sub> осенью под вспашку.
3. (NPK)<sub>80</sub> осенью под вспашку.
4. (NPK)<sub>40</sub> весной под предпосевную культивацию.
5. (NPK)<sub>40</sub> осенью под вспашку + некорневые подкормки препаратом Плантафол (1,0 кг/га) в фазе розетка 5–7 настоящих листьев и межфазный период бутонизация – начало цветения (20:20:20).
6. (NPK)<sub>80</sub> осенью под вспашку + некорневые подкормки препаратом Полидон Амино Старт (1,0 л/га) в фазе розетка 5–7 настоящих листьев и препаратом Полидон Амино Микс (1,0 л/га) межфазный период бутонизация – начало цветения.

Плантафол, по Евростандарту, относится к ряду высоко химически чистых и полностью растворимых удобрений, специально разработанных для листовой подкормки. Для обеспечения потребностей растений различными элементами на всех стадиях развития, повышения урожайности и качества содержит полный комплекс N, P, K + микроэлементы B, Fe, Mn, Zn и Cu с прилипателем.

Полидон Амино Старт – органоминеральное удобрение, предназначенное для некорневых подкормок в начальные фазы роста и развития полевых культур, имеет в своем составе L-аминокислоты и олигопептиды в комплексе с макроэлементами (азотом, фосфором, калием, магнием), а также микроэлементами (Fe, Mn, Zn, Cu, B, M, Co).

При некорневых подкормках изучаемыми органоминеральными удобрениями применялся адьювант-суперсмачиватель-пенетрант Полидон Бонд – 50 мл/га. Норма расхода рабочего раствора составляла 300 л/га.

Технология возделывания редьки масличной в опыте была общепринятой для региона исследований (за исключением изучаемых агроприемов).

Общая площадь делянки в опыте составляла 36 м<sup>2</sup>. Повторность – четырехкратная.

Учеты зеленой массы проводили в следующие фазы и межфазные периоды: бутонизация – начало цветения, цветение – начало плодообразования, полное плодообразование. Скашивали две площадки с каждой делянки площадью 1 м<sup>2</sup>.

Исследования выполняли согласно общепринятым методикам и ГОСТам.

Почва опытного участка – чернозем выщелоченный среднесиловый тяжелосуглинистый с агрохимическими показателями, характерными для данного подтипа, вида и разновидности чернозема.

Климат региона проведения исследований (Липецкий район Липецкой области) – умеренно-континентальный, который в последние 15–20 лет стал менее влагообеспеченным. На данной территории за год среднесуточная температура воздуха и сумма осадков изменяются в пределах 4,7–5,6 °С и 550–560 мм. Продолжительность вегетационного периода составляет 145–160 суток, сумма эффективных температур (выше +10 °С) не превышает 2200–2400 °С. По среднесуточным данным в этом регионе за май-август при среднесуточной температуре воздуха 17,4 °С и сумме осадков 236 мм гидротермический коэффициент по Селянинову равен 1,11.

Погодные условия вегетационных периодов в годы проведения исследований значительно различались. Так, в 2019, 2020 и 2021 гг. за май-август при среднесуточной температуре воздуха 18,1 °С, 17,6 и 20,1 °С и сумме осадков 223,1 мм, 183,0 и 181,8 мм ГТК по Селянинову составил соответственно 1,00; 0,85 и 0,73.

В период роста и развития редьки масличной от всходов (первая декада мая) до фазы полного плодообразования (третья декада июня-начало июля), когда происходит формирование урожая ее биомассы, гидротермические условия и их динамика по годам проведения опыта также имели свои особенности. Наиболее благоприятные погодные условия сложились в 2019 г.: за отмеченное межфазье среднесуточная температура воздуха (18,6 °С), сумма осадков (127,3 мм) и гидротермический коэффициент по Селянинову (1,16) практически не отличались от среднесуточных значений. При этом отрезки вегетации, предшествующие изучаемым срокам уборки редьки масличной, характеризовались хорошими гидротермическими условиями: ГТК по Селянинову изменялся в пределах 1,08–1,30.

В 2020 и 2021 гг. межфазье всходы – полное плодообразование редьки масличной проходило при среднесуточной температуре воздуха 16,2 и 18,3 °С и сумме осадков 94,3 и 69,2 мм, ГТК по Селянинову был равен соответственно 1,06 и 0,73. При этом в начальный отрезок вегетации (всходы – бутонизация – начало цветения) погодные условия оказались близкими и практически не отличались от сложившихся в 2019 г. и среднесуточной нормы.

Однако в эти годы в последующие фазы роста и развития редьки масличной отмечались большой недостаток осадков и повышенный температурный режим воздуха, что в наибольшей мере проявилось в 2021 г. Так, в течение вегетации этой культуры между первым и третьим сроками уборки урожая зеленой массы в 2020 и 2021 гг. ГТК по Селянинову соответственно составил 0,82 и 0,26, причем в последнем случае значение ГТК было нехарактерным для лесостепи ЦФО России.

Таким образом, погодные условия, сложившиеся в годы проведения исследований, оказывали значительное влияние на формирование урожая зеленой массы и сухого вещества редьки масличной при оптимизации применения макро- и микроудобрений и сроков уборки.

### Результаты и их обсуждение

Для повышения продуктивности редьки масличной при возделывании на кормовые и сидеральные цели большое значение имеет оптимизация сроков уборки и применения макро- и микроудобрений. Так как погодные условия вегетационных периодов этой культуры в годы проведения исследований значительно различались, отмечены изменения формирования урожайности в зависимости от сроков уборки, доз и систем применения удобрений.

Выявлено, что при уборке этой культуры в межфазные периоды бутонизация – начало цветения, цветение – начало плодообразования и в фазе полного плодообразования (в среднем по фактору А) урожай зеленой массы в 2019 г. составил соответственно 355 ц/га, 442 и 554 ц/га, в 2020 г. – 366 ц/га, 427 и 477 ц/га и в 2021 г. – 343 ц/га, 372 и 378 ц/га. Следует отметить, что в эти годы при первом сроке уборки значения урожайности были сравнительно близкими, а при втором и третьем сроках значительно различались, при этом максимальным этот показатель был в 2019 г., а минимальным – в 2021 г. Стабильно самые высокие показатели сбора зеленой массы редьки масличной получены при уборке в фазе полного плодообразования, хотя в 2021 г. различия не были существенными (табл. 1).

Основной причиной особенностей формирования урожайности изучаемой культуры при выбранных сроках уборки были сложившиеся в период вегетации погодные условия. В межфазье всходы – бутонизация – начало цветения в 2019, 2020 и 2021 гг. погодные условия несколько различались по сумме и динамике выпадения осадков, а также по температурному режиму воздуха, ГТК по Селянинову составил соответственно 1,14; 1,23 и 1,10, при среднемноголетней норме этого показателя 1,12. Поэтому можно отметить, что в годы исследований гидротермические условия в начальный отрезок вегетации были близкими и в целом благоприятными для формирования урожая зеленой массы этой культуры при первом сроке уборки.

В последующие фазы роста и развития редьки масличной, которые предшествовали второму и третьему срокам уборки биомассы, наиболее благоприятные гидротермические условия сложились в 2019 г. (ГТК = 1,18).

В 2020 г. этот отрезок вегетации отличался недобором осадков и повышенным температурным режимом воздуха (ГТК = 0,82), а в 2021 г. он был очень жарким и засушливым (ГТК = 0,26) и нехарактерным для лесостепи ЦФО России.

При возделывании редьки масличной без удобрений (в среднем по фактору В) в 2019, 2020 и 2021 гг. был получен урожай зеленой массы соответственно 350, 327 и 297 ц/га, который на вариантах опыта с применением макро- и микроудобрений достоверно увеличивался. Следует отметить, что в годы исследований продуктивность этой культуры при изучаемых дозах и системах применения макро- и микроудобрений существенно различалась, но закономерности изменений были близкими. Так, внесение (NPK)<sub>40</sub> осенью под вспашку стабильно обеспечивало более высокий сбор зеленой массы, чем при использовании аналогичной дозы полного минерального удобрения весной под предпосевную культивацию, хотя при неблагоприятных погодных условиях периода вегетации 2021 г. это оказалось недостоверным.

Выявлено, что во все годы проведения исследований значения урожая зеленой массы редьки масличной при внесении (NPK)<sub>80</sub> осенью под вспашку были выше, чем при аналогичном применении дозы (NPK)<sub>40</sub>. При этом на фоне некорневых подкормок в течение вегетации препаратами Плантофол или Полидон Амино Старт и Полидон Амино Микс, проведенных на фоне основного внесения (NPK)<sub>40</sub>, урожай зеленой массы также увеличивался. Существенных различий урожайности в зависимости от используемых агротехнологий выращивания этой культуры в жарких и засушливых погодных условиях в 2021 г. не выявлено.

Таблица 1. Урожай зеленой массы редьки масличной в зависимости от срока уборки и применения макро- и микроудобрений, ц/га

Удобрение (фактор В)	Срок уборки (фактор А) по фазам												Среднее по фактору В			
	бутонизация – начало цветения				цветение – начало плодообразования				плодообразование				2019 г.	2020 г.	2021 г.	среднее
	2019 г.	2020 г.	2021 г.	среднее	2019 г.	2020 г.	2021 г.	среднее	2019 г.	2020 г.	2021 г.	среднее	2019 г.	2020 г.	2021 г.	среднее
Контроль – без удобрений	290	300	285	292	333	322	298	318	428	360	307	365	350	327	297	325
(NPK) <sub>40</sub> осенью под вспашку	356	365	345	355	445	435	374	418	553	480	382	472	451	427	367	415
(NPK) <sub>80</sub> осенью под вспашку	391	400	382	391	495	464	405	455	625	545	410	527	504	470	399	458
(NPK) <sub>40</sub> весной под предпосевную культивацию	330	350	320	333	418	407	359	395	525	450	367	447	424	402	349	392
(NPK) <sub>40</sub> осенью под вспашку + некорневая подкормка препаратом Плантофол в фазе розетка 5–7 настоящих листьев + некорневая подкормка препаратом Плантофол в межфазье бутонизация – начало цветения	380	387	368	378	484	470	398	451	598	515	403	505	487	457	390	445
(NPK) <sub>80</sub> осенью под вспашку + некорневая подкормка препаратом Полидон Амино Старт в фазе розетка 5–7 настоящих листьев + некорневая подкормка препаратом Полидон Амино Микс в межфазье бутонизация – начало цветения	384	392	359	378	479	465	396	447	593	510	400	501	485	456	385	442
Среднее по фактору А	355	366	343	355	442	427	372	414	554	477	378	470	–	–	–	–
НСР <sub>0,5</sub> для главных эффектов:																
фактора А	31,2	24,0	22,0	25,7												
фактора В	13,7	23,0	32,3	23,0												
НСР <sub>0,5</sub> для частных различий:																
фактора А	82,4	63,4	53,9	66,6												
фактора В	23,7	39,9	56,0	39,9												

В среднем за три года исследований наибольший и практически равноценный урожай зеленой массы редьки масличной (в среднем по фактору В) был получен на варианте основного внесения осенью под вспашку (NPK)<sub>80</sub> и (NPK)<sub>40</sub> в сочетании с некорневыми подкормками изучаемыми макро- и микроудобрениями в соответствующие фазы роста и развития.

При анализе результатов исследований наряду с особенностями влияния на урожайность редьки масличной главных эффектов значение имеет оценка существенности частных различий изучаемых агротехнологий. Так, в среднем за 2019–2021 гг. при уборке этой культуры в межфазном периоде бутонизация – начало цветения на варианте опыта без удобрений сформировался урожай зеленой массы 292 ц/га. При внесении (NPK)<sub>40</sub> осенью под вспашку он достоверно увеличивался и составил 355 ц/га, но на других вариантах опыта существенно не изменялся.

При уборке редьки масличной в межфазном периоде цветение – начало плодообразования сбор зеленой массы увеличивался на 26–73 ц/га по сравнению с межфазным периодом, отмеченным выше. Однако этот прирост оказался существенным только на двух вариантах опыта, где на фоне основного внесения (NPK)<sub>40</sub> в течение вегетации проводились некорневые подкормки препаратами Плантофол или Полидон Амино Старт и Полидон Амино Микс. Следует отметить, что при внесении (NPK)<sub>80</sub> осенью под вспашку сформировался наиболее высокий урожай зеленой массы, но преимущество этого варианта относительно внесения (NPK)<sub>40</sub> под основную обработку почвы оказалось недостоверным.

Продуктивность редьки масличной при уборке в фазе полного плодообразования относительно предыдущего срока уборки увеличивалась на всех вариантах опыта, но это было существенным только при внесении (NPK)<sub>80</sub> осенью под вспашку. В то же время при втором сроке уборки на варианте внесения (NPK)<sub>80</sub> и (NPK)<sub>40</sub> в сочетании с некорневыми подкормками изучаемыми макро- и микроудобрениями отмечен самый высокий и сравнительно равноценный сбор зеленой массы.

Обычно зеленая масса полевых культур характеризуется высоким содержанием воды (70–90%), которая не имеет энергетической питательности при кормлении сельскохозяйственных животных и не оказывает существенного влияния на поступление органического вещества в почву. Поэтому при выращивании редьки масличной на кормовые цели или для запашки на зеленое удобрение основным показателем продуктивности является количество сухого вещества.

В наших исследованиях при уборке редьки масличной в межфазных периодах бутонизация – начало цветения, цветение – начало плодообразования и в фазе полного плодообразования в зеленой массе определяли содержание сухого вещества, которое по мере роста и развития значительно и стабильно увеличивалось. Однако на изучаемых вариантах внесения удобрений и применения макро- и микроудобрений значения этого показателя существенно не различались, то есть были очень близкими. В среднем на этих вариантах опыта за период 2019–2021 гг. при первом, втором и третьем сроках уборки в зеленой массе накапливалось сухого вещества соответственно 11,5%, 15,0 и 20,5% (табл. 2).

Как следует из данных таблицы 2, сбор сухого вещества при изучаемых сроках уборки (в среднем по фактору А) существенно варьировал: от 34 до 74 ц/га на контроле, от 41 до 97 ц/га при внесении (NPK)<sub>40</sub> осенью под вспашку и от 45 до 108 ц/га при внесении (NPK)<sub>80</sub> осенью под вспашку. Во все годы исследований при уборке этой кормовой и сидеральной культуры в более поздние сроки созревания сбор сухого вещества с гектара достоверно увеличивался, при этом стабильно самым высоким он отмечен в фазе полного плодообразования.

Таблица 2. Влияние макро- и микроудобрений на сбор сухого вещества редьки масличной при различных сроках уборки, ц/га

Удобрение (фактор В)	Срок уборки (фактор А) по фазам												Среднее по фактору В			
	бутонизация – начало цветения				цветение – начало плодообразования				плодообразование				Среднее по фактору В			
	2019 г.	2020 г.	2021 г.	среднее	2019 г.	2020 г.	2021 г.	среднее	2019 г.	2020 г.	2021 г.	среднее	2019 г.	2020 г.	2021 г.	среднее
Контроль – без удобрений	36	33	32	34	58	45	40	48	85	76	61	74	60	51	44	52
(NPK) <sub>40</sub> осенью под вспашку	45	41	37	41	79	62	48	63	114	102	75	97	79	68	53	67
(NPK) <sub>80</sub> осенью под вспашку	48	47	40	45	86	73	50	70	128	118	79	108	87	79	56	74
(NPK) <sub>40</sub> весной под предпосевную культивацию	41	40	34	38	72	59	46	59	107	96	72	92	73	65	51	63
(NPK) <sub>40</sub> осенью под вспашку + некорневая подкормка препаратом Плантафол в фазе розетка 5–7 настоящих листьев + некорневая подкормка препаратом Плантафол в межфазе бутонизация – начало цветения	47	46	40	44	85	69	52	69	121	111	79	104	84	75	57	72
(NPK) <sub>80</sub> осенью под вспашку + некорневая подкормка препаратом Полидон Амино Старт в фазе розетка 5–7 настоящих листьев + некорневая подкормка препаратом Полидон Амино Микс в межфазе бутонизация – начало цветения	44	42	37	41	77	63	48	63	112	102	74	96	–	–	–	–
Среднее по фактору А	44	42	37	41	77	63	48	63	112	102	74	96	–	–	–	–
НСР <sub>0,5</sub> для главных эффектов:																
фактора А	5,2	3,1	4,2	4,2												
фактора В	3,4	4,2	2,3	3,3												
НСР <sub>0,5</sub> для частных различий:																
фактора А	12,7	7,7	11,6	10,7												
фактора В	5,9	7,2	4,1	5,7												



В среднем за 2019–2021 гг. на всех вариантах опыта применения макро- и микроудобрений (в среднем по фактору В) получен существенный прирост сбора сухого вещества редьки масличной. При внесении дозы полного минерального удобрения (NPK)<sub>40</sub> более высокие значения этого показателя отмечены при внесении осенью под вспашку. Хотя при менее благоприятных погодных условиях периода вегетации в 2020 и 2021 гг. это преимущество оказалось недостоверным. Наибольшая и сравнительно равноценная биомасса этой культуры была получена при внесении осенью под вспашку (NPK)<sub>80</sub> и (NPK)<sub>40</sub> в сочетании с двумя некорневыми подкормками в течение вегетации макро- и микроудобрениями – Плантафол или Полидон Амино Старт и Полидон Амино Микс.

Согласно частным различиям сбор сухого вещества редьки масличной по годам исследований различался, но закономерности изменений в зависимости от доз удобрений и сроков уборки урожая в целом были близкими. В среднем за 2019–2021 гг. при первом сроке уборки (в межфазье бутонизация – начало цветения) на варианте применения макро- и микроудобрений он увеличивался на 4,0–11,0 ц/га, при этом на варианте внесения (NPK)<sub>40</sub> весной под предпосевную культивацию прирост оказался несущественным. Кроме того, при увеличении в два раза дозы (NPK)<sub>40</sub> при основном внесении и проведении на этом фоне некорневых подкормок препаратами Плантафол или Полидон Амино Старт и Полидон Амино Микс урожайность редьки масличной увеличивалась недостоверно, поэтому в этот срок уборки по сбору сухого вещества оптимальным следует считать вариант внесения (NPK)<sub>40</sub> осенью под вспашку. Невысокая эффективность внесения (NPK)<sub>40</sub> под предпосевную культивацию, (NPK)<sub>80</sub> осенью под вспашку и проведение некорневых подкормок макро- и микроудобрениями была обусловлена, видимо, тем, что в межфазный период бутонизация – начало цветения элементы питания не в полной мере использовались этой культурой для формирования биомассы.

При последующих сроках уборки урожая сбор сухого вещества редьки масличной на всех вариантах опыта достоверно увеличивался, при этом самым высоким этот показатель был в фазе полного плодообразования. Следует отметить, что при втором и третьем сроках уборки наибольший и практически равноценный сбор сухого вещества был получен при основном внесении (NPK)<sub>80</sub> и (NPK)<sub>40</sub> в сочетании с двумя некорневыми подкормками макро- и микроудобрениями, где он соответственно составил 69–70 и 103–108 ц/га.

### **Выводы**

В среднем за три года исследований на варианте опыта без удобрений при уборке редьки масличной в межфазные периоды бутонизация – начало цветения, цветение – начало плодообразования и в фазе полного плодообразования сформировался урожай зеленой массы соответственно 292 ц/га, 318 и 365 ц/га и сухого вещества – 34 ц/га, 48 и 74 ц/га, при этом на фоне применения удобрений он значительно повышался.

Выявлено, что продуктивность этой кормовой и сидеральной культуры при внесении (NPK)<sub>40</sub> осенью под вспашку была более высокой, чем при использовании аналогичной дозы полного минерального удобрения весной под предпосевную культивацию. Увеличение под основную обработку почвы дозы (NPK)<sub>40</sub> в два раза и проведение на ее фоне некорневых подкормок изучаемыми макро- и микроудобрениями оказывало положительное влияние на формирование биомассы редьки масличной, которая по мере роста и развития возрастала.

Наибольшие и практически равноценные урожай зеленой массы (501–527 ц/га) и сбор сухого вещества (103–108 ц/га) этой культуры получены при внесении осенью под вспашку (NPK)<sub>80</sub> и (NPK)<sub>40</sub> в сочетании с двумя некорневыми подкормками препаратами Плантафол или Полидон Амино Старт и Полидон Амино Микс при уборке в фазе полного плодообразования.

**Список источников**

1. Андреева О.Т. Продуктивность и качество корма капустных культур (адаптивные технологии возделывания горчицы белой и редьки масличной на зеленый корм) // Актуальные проблемы аграрной науки и образования: материалы научно-практической конференции (Чита, 24 ноября 2006 г.). Чита: Поиск, 2007. С. 42–47.
2. Белик Н.Л. Биология цветения и семенная продуктивность редьки масличной // Биология и экология культурных и дикорастущих растений: сборник статей. Тамбов: ТГПИ, 1994. С. 3–6.
3. Бирюков Е.В. Влияние агроклиматических условий Тамбовской области на продуктивность сидератов // *АгроXXI*. 2010. № 4-6. С. 24–26.
4. Вашкевич В.М. Эффективность пожнивной редьки масличной на зеленое удобрение // Адаптивная интенсификация земледелия и растениеводства: современное состояние и пути развития: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 85-летию основания агрономического факультета БГСХА. Горки: Белорусская ГСХА, 2011. С. 178–180.
5. Зудилин С.Н. Продуктивность редьки масличной при внесении расчетных доз минеральных удобрений // Тезисы докладов 44 научной конференции профессорско-преподавательского состава, сотрудников и аспирантов. Самара: Самарская ГСХА, 1997. Ч. 1. С. 115–116.
6. Казанцев В.П. Капустные культуры – ценное зеленое удобрение (рапс яровой, сурепица и редька масличная в сидеральном паре) // Интродукция нетрадиционных и редких сельскохозяйственных растений: сборник материалов III Международной научно-производственной конференции. Пенза, 1998. Т. 4. С. 13–14.
7. Колесников В.Р. Разработка приемов агротехники редьки масличной Тамбовчанка на корм и семена в условиях Центральной Черноземной зоны: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Москва, 1989. 26 с.
8. Криворученко Э.П. Использование редьки масличной // Кормопроизводство. 1995. № 3. С. 19–21.
9. Лукомец В.М., Тишков Н.М., Баранов В.Ф. и др. Методика проведения полевых агротехнических опытов с масличными культурами: монография. 2-е изд. перераб. и доп. Краснодар: ВНИИМК, 2010. 327 с.
10. Пиллюк Я.Э. Основные приемы возделывания редьки масличной на корм: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Жодино, 1984. 21 с.
11. Тамонов А.М., Лукин С.М., Новиков М.Н. Редька масличная – ценная сидеральная культура // Земледелие. 1990. № 1. С. 44–45.
12. Утеуш Ю.А. Новые перспективные кормовые культуры. Киев: Наукова думка, 1991. 190 с.
13. Харчобников В.В. Кормовая ценность редьки масличной // Новейшие направления развития аграрной науки в работах молодых ученых: труды V Международной научно-практической конференции молодых ученых, посвященной 10-летию ее проведения (пос. Краснообск, 20 апреля 2012 г.). Новосибирск: СО Россельхозакадемии, 2012. С. 82–84.
14. Цапар Я.А. Влияние основных агротехнических приемов на урожай и качество редьки масличной в условиях западной Лесостепи УССР: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Львов, 1991. 19 с.

**References**

1. Andreeva O.T. Produktivnost' i kachestvo korma kapustnykh kul'tur (adaptivnye tekhnologii vozde-lyvaniya gorchtsy beloј i red'ki maslichnoj na zelenyj korm) [Productivity and feed quality of cabbage crops (adaptive technologies of cultivation of white mustard and oilseed radish for green fodder)]. Aktual'nye problemy agrar-noj nauki i obrazovaniya: materialy nauchno-prakticheskoy konferentsii (Chita, 24 noyabrya 2006 g.) [Actual prob-lems of agrarian science and education: Proceedings of the scientific and practical conference (Chita, November 24, 2006)]. Chita: Poisk, 2007:42-47. (In Russ.).
2. Belik N.L. Biologiya tsveteniya i semennaya produktivnost' red'ki maslichnoj [Biology of flowering and seed productivity of oilseed radish]. Biologiya i ekologiya kul'turnykh i dikorastushchikh rastenij: sbornik statej [Biology and ecology of cultivated and wild plants: Collection of papers]. Tambov: Tambov State Pedagogical University Press; 1994:3-6. (In Russ.).
3. Biryukov E.V. Vliyanie agroklimaticheskikh uslovij Tambovskoj oblasti na produktivnost' sideratov [In-fluence of agro-climatic conditions of Tambov Oblast on the productivity of green manure crops]. *AgroXXI = AgroXXI*. 2010;4-6:24-26. (In Russ.).
4. Vashkevich V.M. Effektivnost' pozhnivnoj red'ki maslichnoj na zelenoe udobrenie [The effectiveness of postharvest oilseed radish on green fertilizer]. Adaptivnaya intensifikatsiya zemledeliya i rastenievodstva: sovremennoe sostoyanie i puti razvitiya: materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoj 85-letiyu osnovaniya agronomicheskogo fakul'teta Belorusskoj gos. sel'skokhozyajstvennoj akademii [Adaptive intensification of agriculture and crop production: current state and ways of development: Proceedings of the International scientific and practical conference dedicated to the 85<sup>th</sup> anniversary of the foundation of the Faculty of Agronomy of the Belarusian Agricultural Academy]. Gorki: Belarusian Agricultural Academy Press; 2011:178-180. (In Russ.).

5. Zudilin S.N. Produktivnost' red'ki maslichnoj pri vnesenii raschetnykh doz mineral'nykh udobrenij [Productivity of oilseed radish when applying calculated doses of mineral fertilizers]. Tezisy dokladov 44 nauchnoj konferentsii professorsko-prepodavatel'skogo sostava, sotrudnikov i aspirantov [Abstracts of reports of the 44<sup>th</sup> scientific conference of the faculty & academic staff and postgraduate students]. Samara: Samara State Agricultural Academy; 1997;1:115-116. (In Russ.).

6. Kazantsev V.P. Kapustnye kul'tury – tsennoe zelenoe udobrenie (raps yarovoj, surepitsa i red'ka maslichnaya v sideral'nom pare) [Cabbage crops are valuable green fertilizer (spring rapeseed, colza and oil radish as green manure)]. Introduktsiya netraditsionnykh i redkikh sel'skokhozyajstvennykh rastenij: sbornik materialov III Mezhdunarodnoj nauchno-proizvodstvennoj konferentsii [Introduction of non-traditional and rare agricultural plants: collection of papers of the III International Scientific and Industrial Conference]. Penza, 1998;4:13-14. (In Russ.).

7. Kolesnikov V.R. Razrabotka priemov agrotekhniki red'ki maslichnoj Tambov-chanka na korm i semena v usloviyakh Tsentral'noj Chernozemnoj zony: avtoreferat dissertatsii ... kandidata sel'skokhozyajstvennykh nauk = Author's Abstract of Candidate Dissertation in Agricultural Sciences. Moscow; 1989. 26 p. (In Russ.).

8. Krivoruchenko E.P. Ispol'zovanie red'ki maslichnoj [The use of oilseed radish]. Kormoproizvodstvo = Fodder Production. 1995;3:19-21. (In Russ.).

9. Lukomets V.M., Tishkov N.M., Baranov V.F. et al. Metodika provedeniya polevykh agrotekhnicheskikh opytov s maslichnymi kul'turami: monografiya. 2-e izd. pererab. i dop. [Methodology of agronomic field experiments with oil crops: monograph. 2<sup>nd</sup> edition, revised and enlarged]. Krasnodar: All-Russian Research Institute of Oil Crops (VNIIMK) Press; 2010. 327 p. (In Russ.).

10. Pilyuk Ya.E. Osnovnye priemy vzdelyvaniya red'ki maslichnoj na korm [The main methods of cultivation of oilseed radish for feed]. Avtoreferat dissertatsii ... kandidata sel'skokhozyajstvennykh nauk = Author's Abstract of Candidate Dissertation in Agricultural Science. Zhodino; 1984. 21 p. (In Russ.).

11. Tamonov A.M., Lukin S.M., Novikov M.N. Red'ka maslichnaya – tsennaya sideral'naya kul'tura [Oilseed radish is a valuable green manure crop]. *Zemledelie = Zemledelie*. 1990;1:44-45. (In Russ.).

12. Uteush Yu.A. Novye perspektivnye kormovye kul'tury [New promising forage crops]. Kyiv: Naukova dumka; 1991. 190 p. (In Russ.).

13. Kharchebnikov V.V. Kormovaya tsennost' red'ki maslichnoj [Fodder value of oilseed radish]. Novejshie napravleniya razvitiya agrarnoy nauki v rabotakh molodykh uchenykh: trudy V Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii molodykh uchenykh, posvyashchennoj 10-letiyu ee provedeniya (pos. Krasnoobsk, 20 aprelya 2012 g.) [The latest trends in the development of agrarian science in the works of young scientists: Proceedings of the V International Scientific and Practical Conference of Young Scientists dedicated to the 10<sup>th</sup> anniversary of its holding (pos. Krasnoobsk, April 20, 2012)]. Novosibirsk: Siberian Branch of the Russian Academy of Agricultural Sciences; 2012:82-84. (In Russ.).

14. Tsapar Ya.A. Vliyaniye osnovnykh agrotekhnicheskikh priemov na urozhaj i kachestvo red'ki maslichnoj v usloviyakh zapadnoj Lesostepi USSR [The influence of basic agricultural practices on oilseed radish yield and quality in the conditions of the western Forest-Steppe of the Ukrainian SSR]. Avtoreferat dissertatsii ... kandidata sel'skokhozyajstvennykh nauk = Author's Abstract of Candidate Dissertation in Agricultural Science. Lviv; 1991. 19 p. (In Russ.).

#### Информация об авторах

Е.Ю. Кузьмина – младший научный сотрудник отдела технологий возделывания рапса и других сельскохозяйственных культур, Липецкий научно-исследовательский институт рапса – филиал ФГБНУ ФНЦ «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур имени В.С. Пустовойта», lena-kuzmina07@mail.ru.

В.П. Савенков – доктор сельскохозяйственных наук, доцент, главный научный сотрудник отдела технологий возделывания рапса и других сельскохозяйственных культур, Липецкий научно-исследовательский институт рапса – филиал ФГБНУ ФНЦ «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур имени В.С. Пустовойта», vniirapsa@mail.ru.

#### Information about the authors

E.Yu. Kuzmina, Junior Research Scientist, the Dept. of Rapeseed and Other Crops Cultivation Technologies, Lipetsk Rapeseed Research Institute – Branch of “Federal Research Center “V.S. Pustovoit All-Russian Scientific Research Institute of Oil Crops” (VNIIMK), lena-kuzmina07@mail.ru.

V.P. Savenkov, Doctor of Agricultural Sciences, Docent, Chief Research Scientist, the Dept. of Rapeseed and Other Crops Cultivation Technologies, Lipetsk Rapeseed Research Institute – Branch of “Federal Research Center “V.S. Pustovoit All-Russian Scientific Research Institute of Oil Crops” (VNIIMK), vniirapsa@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 26.10.2022; одобрена после рецензирования 04.12.2022; принята к публикации 17.12.2022.

The article was submitted 26.10.2022; approved after reviewing 04.12.2022; accepted for publication 17.12.2022.

© Кузьмина Е.Ю., Савенков В.П., 2023