

Научная статья

УДК 631.842.4:631.874.2

DOI: 10.25230/2412-608X-2024-2-198-47-55

## Сроки внесения аммиачной селитры при возделывании горчицы сарептской в качестве сидерата

Олеся Дмитриевна Занозина  
Александр Сергеевич Бушнев

ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК

Россия, 350038, г. Краснодар, ул. им. Филатова, д. 17  
olesya.zanozina@mail.ru  
vniimk-agro@mail.ru

**Аннотация.** В южных регионах Российской Федерации наблюдается резкое сокращение животноводческого производства из-за его низкой рентабельности. Это привело к тому, что многие фермеры испытывают недостаток в органических удобрениях, которые трудно полностью заменить минеральными. К тому же минеральные соли являются причиной возникновения в почвенном профиле отрицательных процессов (пептизация, коагуляция), которые ухудшают физические и физико-химические свойства почвы и в целом ее плодородие. Однако хорошим источником поступления в почву органического вещества являются не только отходы животноводческого предприятия, но и свежая растительная масса или по-другому зеленые удобрения. В связи с этим в 2021–2022 гг. нами проводились исследования на черноземе выщелоченном Западного Предкавказья на территории центральной экспериментальной базы ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК (г. Краснодар, х. Октябрьский) по изучению влияния аммиачной селитры на урожайность зеленой массы горчицы сарептской яровой (*Brassica juncea* L.) сорта Юнона с целью оценки ее на удобрительную ценность (способность возвращать элементы минерального питания при полной сидерации растений). Установлено, что самая высокая эффективность применения азотного удобрения достигается при однократном внесении  $N_{30}$  в период всходов (ВВСН 11) горчицы. При указанном способе внесения азотного удобрения по сравнению с контролем в почву заделывается большее количество зеленой массы – на 10,6 т/га, и сухой биомассы – на 3,3 т/га, при этом также выше возврат

макроэлементов: азота – на 64,3 кг/га, фосфора – на 14,3 кг/га, калия – на 155,3 кг/га, а расчетное количество новообразованного гумуса выше на 0,7 т/га по сравнению с контролем без удобрений.

**Ключевые слова:** горчица сарептская, азотные удобрения, зеленые удобрения, зеленая масса, сидерат, новообразованный гумус

**Для цитирования:** Занозина О.Д., Бушнев А.С. Сроки внесения аммиачной селитры при возделывании горчицы сарептской в качестве сидерата // Масличные культуры. 2024. Вып. 2 (198). С. 47–55.

UDC 631.842.4:631.874.2

### Application dates of ammonia nitrate in cultivation of brown mustard as a green manure crop

Zanozina O.D., post-graduate student, junior researcher  
Bushnev A.S., head of the department, leading researcher, PhD in agriculture, associated professor

V.S. Pustovoit All-Russian Research Institute of Oil Crops  
17 Filatova str., Krasnodar, 350038, Russia  
olesya.zanozina@mail.ru  
vniimk-agro@mail.ru

**Abstract.** In the southern regions of the Russian Federation, there has been a sharp decline in livestock production due to its low profitability. As a result, many farmers lack organic fertilizers, which are difficult to replace fully with mineral fertilizers. In addition, mineral salts cause negative processes (peptization, coagulation) in the soil profile, which worsen the physical and physical and chemical properties of the soil and its fertility in general. However, a good source of soil organic matter is not only livestock waste, but also plant residues or so-called green fertilizers. In this regard, in 2021–2022, we studied the effect of ammonium nitrate on the yield of green mass of brown mustard (*Brassica juncea* L.) variety Yunona on leached black soil of the Western Ciscaucasia on the fields of V.S. Pustovoit All-Russian Research Institute of Oil Crops (Krasnodar, vil. Oktyabrsky). The purpose of the research was to assess fertilizing value of ammonium nitrate (ability to return the elements of mineral nutrition at full green manuring of plants). It was found that the highest efficiency of the nitrogen fertilizer application is achieved with a single application of  $N_{30}$  at the seedling stage of mustard. With this specific method of  $N_{30}$  application, more green mass and dry biomass are incorporated into the soil, by 10.6 t/ha and 3.34 t/ha, respectively, compared to the control. At the same time, the yield of macroelements is also higher: nitrogen – by 64.3 kg/ha, phosphorus – by 14.3 kg/ha, potassium – by 155.3 kg/ha, and the estimated amount of newly formed humus increases by 0.7 t/ha comparing to control.

**Key words:** brown mustard, nitrogen fertilizers, green fertilizers, green mass, green manure crop, newly formed humus

**Введение.** Древние народы, населявшие нашу планету, знали, что почва является самым ценным даром, особенно плодородная. Во все времена плодородные почвы были источником пищи, а значит, жизни и процветания владельца земельных угодий. Раньше при «истощении» почвенного плодородия люди переходили на новые участки, однако при активном процессе индустриализации и урбанизации это невозможно на сегодняшний день. Поэтому современные фермеры перешли к интенсивному земледелию, а именно используют органические и минеральные удобрения, которые способствуют увеличению урожайности сельскохозяйственных культур без расширения посевных площадей. Однако в Российской Федерации при переходе от коллективного хозяйства к частному предпринимательству сократилось число животноводческих комплексов и поголовье крупного рогатого скота, что в конечном итоге привело к сокращению объемов органических удобрений (навоза) [1; 2].

Минеральные соли являются хорошей заменой органических удобрений, но постоянное воздействие агрессивных минералов способствует уменьшению содержания гумуса в пахотном слое и в целом в почвенном профиле. Это может являться причиной возникновения в почве таких отрицательных процессов, как пептизация (распад почвенных агрегатов на почвенные элементарные частицы) и коагуляция (элементарные почвенные частицы склеиваются в комочки), что приводит к ухудшению физико-химических свойств почвы и, как следствие, влечет за собой снижение плодородия.

Хорошей альтернативой органическим удобрениям животного происхождения (навоз, навозная жижа, фекалии) являются сельскохозяйственные культуры, используемые в качестве зеленых

удобрений (сидераты). Сидеральные культуры – это источник органического вещества и элементов минерального питания для почвы, так как при их возделывании не происходит отчуждения растительных остатков с полей, а наоборот осуществляется биологическая (биологическая поглотительная способность почвы) фиксация легковымываемых элементов (нитратов) растениями. При запашке 35–40 т/га растительной массы сидеральных культур в почву происходит накопление в почвенном профиле около 150–200 кг азота. Данное количество азота равноценно внесению от 600 до 700 кг/га аммиачной селитры или поступлению его из 30–40 т навоза, но при этом коэффициент использования из зеленого удобрения азота в первый год в 2 раза выше, чем тот же показатель в варианте с навозом [3].

В мире в виде сидеральных культур используют: бобовые, зернобобовые, злаковые, астровые, крестоцветные и многие другие. Однако не все представители данных семейств способны воспользоваться (поглощать) запасами макроэлементов, находящихся в почвенном профиле из-за химической или физико-химической поглотительной способности почв, которая может частично переводить доступные формы элементов питания в недоступные.

Удобрительная ценность, или способность накапливать и перемещать из нижележащих слоев почвы в пахотный горизонт минеральные элементы, является одной из основных причин привлекательности сидеральных культур в современном экономическом севообороте.

Например, во Франции изучали сидеральные смеси крестоцветных и бобовых культур для улавливания и обогащения экосистемы азотом. Крестоцветные (горчица), выращиваемые в качестве сидератов, эффективно снижают вымывание нитратов, в то время как бобовые действуют в основном как сидераты, выделяющие большое количество мине-

рального азота для последующей товарной культуры после заделки их в почву. Установлено, что смеси крестоцветных и бобовых культур обеспечивают большее содержание азота в почве (в среднем около 22 кг/га), чем одни крестоцветные (в среднем около 8 кг/га) [4].

Однако применение смесей таких культур может быть нерентабельно из-за риска конкуренции крестоцветных за абиотические ресурсы и потенциального аллелопатического воздействия на бобовые при выращивании вместе с ними. Поэтому в Северо-Западной Европе в течение 20 лет для двух участков с разными температурными и почвенными условиями в Фоулуме (Дания) и Киле (Германия) изучали минерализацию остатков биомассы крестоцветных и бобовых культур и перенос азота в последующую культуру. Установлено, что поглощение азота у крестоцветных было выше в Киле по сравнению с Фоулумом: в среднем 14,8 кг/га для крестоцветных и 16,8 кг/га для бобовых в Фоулуме, и 33,2 кг/га для крестоцветных и 51,4 кг/га для бобовых в Киле. Это привело к снижению выщелачивания азота на 59 % (крестоцветные) и на 43 % (бобовые) в Фоулуме, на 83 % (крестоцветные) и на 43 % (бобовые) в Киле [5].

Следовательно, выращивание горчицы в качестве сидеральной культуры положительно влияет на почвенное плодородие и на окружающую среду (препятствует попаданию нитратов в грунтовые воды). Кроме того, сельскохозяйственные производители все больше внимания уделяют горчице в качестве сидеральной культуры вследствие ее способности за короткий вегетационный период (38–42 суток) формировать высокую урожайность зеленой массы, из-за чего горчица (*Brassica juncea* L.) входит в десятку лучших сидеральных культур [6]. Также растения горчицы обладают длинной веретеновидной корневой системой, которая достигает глубины 2,5–3,0 м и способна при стрессовых ситуациях (де-

фицит элементов питания) выделять корневыми волосками физиологические вещества, подкисляющие почвенный раствор. Эта физиологическая активность корневой системы горчицы помогает ей переводить балластные запасы минеральных веществ (труднорастворимые фосфаты) в доступные соединения и перемещать их из нижележащих горизонтов вверх по профилю почвы, при этом в создаваемых горчицей условиях увеличивается поглощение калия [7].

Горчица обладает еще одним преимуществом по сравнению с другими сидеральными культурами. После срезания надземной биомассы оставшиеся корни горчицы образуют в почве многоканальную систему, способствующую поступлению кислорода, влаги и тепла в корнеобитаемый слой, тем самым активизируя жизнедеятельность микроорганизмов [8]. В условиях Сибири данную особенность культуры используют для снижения поверхностного стока талых вод и впитывания влаги в почву при весеннем таянии снега [9]. Но для получения большего эффекта от зеленых удобрений из горчицы необходимо заделывать ее на 34–38-е сутки (фаза бутонизации – начало цветения), то есть до активного процесса перераспределения питательных веществ между вегетативными и генеративными органами. При затягивании фазы заделки растительных остатков культуры процесс минерализации также задерживается, из-за чего сельхозпроизводители не получают должного экологического и экономического эффекта от применения зеленого удобрения.

Сидеральные культуры наряду с обогащением почвы полезной органикой и минеральными элементами обладают свойством обеззараживания и защиты почвы от распространения вредителей, болезней и сорной растительности (последнее в случае осеннего посева). Горчица с этой точки зрения в числе лидеров, так как является природным биофумигантом. Через корневую систему горчица

выделяет органические вещества, угнетающие патогены, что способствует снижению уровня поражаемости культивируемых растений паршой (*Streptomyces scabies*), фитофторой (*Phytophthora*) и др., а также культура успешно использовалась для сокращения почвенных популяций грибных патогенов. Отмечается положительное ее влияние на уменьшение численности вредителей, таких как проволочник (*Elateridae*) и медведка (*Gryllotalpa gryllotalpa*) [10].

Все перечисленные положительные свойства горчицы указывают на то, что она по праву может занимать достойное место в различных полевых, кормовых, овощных и т.п. севооборотах в качестве как основной, так и сидеральной культуры.

Цель работы – изучить влияние подкормок азотным удобрением на урожайность зеленой массы горчицы сарептской для последующего использования ее в качестве зеленого удобрения на черноземе выщелоченном Западного Предкавказья.

**Материалы и методы.** На территории центральной экспериментальной базы ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК в 2021–2022 гг. проводили исследования по изучению влияния подкормок азотным удобрением на урожайность зеленой массы горчицы сарептской для использования ее в виде сидерата, как дополнительного источника элементов и новообразованного гумуса на черноземе выщелоченном слабогумусном сверхмощном тяжелосуглинистом на лесовидных тяжелых суглинках Западного Предкавказья. Объект исследования – безэруковый среднеранний сорт горчицы сарептской яровой Юнона, который в 2016 г. внесен в Государственный реестр селекционных достижений Российской Федерации. Вегетационный период у данного сорта горчицы сарептской яровой варьирует от 78 до 83 суток, потенциальная урожайность зеленой массы составляет 33–50 т/га.

Горчица сарептская – культура раннего срока сева, и в условиях юга Российской Федерации к ее посеву рекомендуется приступать, когда температура почвы в 10-сантиметровом слое устойчиво прогреется до 8–10 °С, календарно – начиная с третьей декады марта.

Погодные условия 2021 г. складывались неблагоприятно для посева горчицы (в марте – апреле наблюдались частые атмосферные осадки, препятствующие обработке почвы). Поэтому посев был осуществлен в первой декаде мая. В 2022 г., напротив, наблюдались более благоприятные погодные условия, поэтому посев горчицы сарептской был проведен во второй декаде апреля.

Схема опыта предусматривала четыре варианта опыта с применением аммиачной селитры (N – 34,6 %), вносимой разбросным способом без заделки в почву в дозе N<sub>30</sub>: вариант 1 – контроль, без удобрений; вариант 2 – однократное внесение азотного удобрения в дозе N<sub>30</sub> в фазе всходов; вариант 3 – дробное внесение азотного удобрения в дозе по N<sub>15</sub> в фазе всходов (ВВСН 11) и в фазе стеблевания; вариант 4 – одноразовое внесение азотного удобрения в дозе N<sub>30</sub> в фазе стеблевания.

Широкорядный посев (с междурядьем 30 см) осуществлялся селекционно-семеноводческой сеялкой «Wintersteiger Plotseed», площадь делянки 12 м<sup>2</sup>, повторность опыта 3-кратная. Норма высева семян – 5 кг/га.

В почвенном профиле чернозема выщелоченного опытного участка наблюдалось низкое содержание гумуса (3,4 %), среднее фосфора (21 мг/кг) и высокое обменного калия (313 мг/кг), что соответствует III (по фосфору) и IV классу (по калию) агрохимической обеспеченности. Содержание минерального азота в пахотном (0–20 см) слое чернозема выщелоченного варьировало от 14,2 до 27,0 мг/кг.

Маршрут для агрохимического обследования чернозема выщелоченного опытного участка был составлен заранее, отбор почвенных образцов производился с помощью тростевого, почвенного бура

**Агрометеорологические условия вегетационного периода горчицы сарептской**

ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК, 2021–2022 гг.

Год	Месяц				За период апрель – июль
	апрель	май	июнь	июль	
Среднесуточная температура воздуха, °С					
Климатическая норма	10,9	16,8	20,4	23,2	17,8
2021	11,1	17,9	21,7	26,2	19,2
2022	13,4	15,2	22,9	23,7	18,8
Количество осадков, мм					
Климатическая норма	51	68	86	56	261
2021	86	64	108	27	285
2022	24	52	158	63	297

на глубину пахотного слоя перед посевом горчицы сарептской яровой. В отобранных почвенных образцах провели агрохимические анализы. Определяли содержание гумуса по методу И.В. Тюрина в модификации В.Н. Симакова [11]. Аммонийный азот – колориметрическим методом с реактивом Несслера [12], а нитратный азот – ионометрическим методом по ГОСТ 26951-86 [13]. Фосфор и калий определяли в одной вытяжке, которую готовили по методу Мачигина в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26205-91) [14].

Закладку опыта и отбор растительных образцов проводили по разработанным во ВНИИ масличных культур методическим рекомендациям. В фазе бутанизации (ВВСН 59) горчицы сарептской яровой (до начала цветения) с площади 0,25 м<sup>2</sup> срезали вегетативную массу культуры с последующей оценкой урожайности ее зеленой массы [15]. В лабораторных условиях в зеленой массе горчицы сарептской яровой определяли содержание макроэлементов: азот (ГОСТ 13496.4-2019) [16], фосфор (ГОСТ 26657-97) [17] и калий (ГОСТ 30504-97) [18]. Массовую долю сухого вещества и влаги в растениях горчицы сарептской устанавливали по ГОСТ 26713-85 «Метод определения влаги и сухого остатка» [19]. Полученные данные статистически обработаны с помощью математического и дисперсионного анализа.

**Результаты и обсуждение.** Процессы роста, развития и питания растений горчицы сарептской яровой зависят от погодных условий вегетационного периода культуры. В 2021–2022 гг. метеорологические условия вегетационного периода горчицы сарептской яровой по годам исследования заметно различались, но в целом они были характерны для исследуемой зоны (табл. 1).

За вегетационный период горчицы сарептской яровой (апрель – июль) 2021–2022 гг. среднесуточная температура воздуха превышала климатическую норму на 1,0–1,4 °С, в том числе в апреле – на 0,2–2,5 °С, в мае 2021 г. – на 1,1 °С, в июне – на 1,3–2,5 °С и в июле – на 0,5–3,0 °С.

Следует отметить, что в апреле 2021 г. обильные осадки наряду с низкими среднесуточными температурами воздуха создавали неблагоприятные условия для посева горчицы сарептской в этот период. Однако апрель 2022 г. отличался превышением климатической нормы среднесуточной температуры воздуха на 2,5 °С со значительным недобором осадков, что благоприятствовало более раннему посеву горчицы сарептской яровой, по сравнению с 2021 г. В мае преобладала теплая погода с суммой выпавших осадков ниже нормы в 2021 г. на 4 мм и в 2022 г. – на 16 мм. В годы проведения исследований июнь был жарким с обильными ливневыми дождями и ветрами и среднесуточной температурой воздуха в 2021 г. – 21,7 °С, в 2022 г. – 22,9 °С, что оказалось выше нормы на 1,3 и 2,5 °С соответственно (20,4 °С). Количество выпавших осадков в июне составило в 2021 г. – 108 мм, в 2022 г. – 158 мм, что на 22 мм и 72 мм соответственно больше климатической нормы. Июль 2021 г. характеризовался жаркой и знойной погодой с большим недобором атмосферных осадков – 27 мм, что меньше климатической нормы на 29 мм. Июль 2022 г. практически не отличался от климатической нормы.

В целом агрометеорологические условия за вегетационный период в годы исследований складывались благоприятными для роста и развития растений горчицы сарептской яровой сорта Юнона.

В результате эксперимента было установлено, что применение аммиачной селитры в дозе  $N_{30}$  в различные фазы вегетации (фаза всходов и фаза стеблевания) горчицы сарептской во всех вариантах опыта положительно влияло на урожайность зеленой массы горчицы сарептской яровой и на накопление сухой биомассы культуры (табл. 2).

Таблица 2

**Урожайность зеленой массы и сухой биомассы горчицы сарептской яровой в зависимости от внесения в подкормку аммиачной селитры**

ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК, 2021–2022 гг.

Вариант	Урожайность, т/га	
	сухой биомассы	зеленой массы
1 – контроль, без удобрений	2,5	14,2
2 – однократное внесение азотного удобрения в дозе $N_{30}$ в фазе всходов (ВВСН 11)	5,8	24,8
3 – дробное внесение азотного удобрения в дозе по $N_{15}$ в фазе всходов (ВВСН 11) и в фазе стеблевания (ВВСН 45)	4,5	24,4
4 – однократное внесение азотного удобрения в дозе $N_{30}$ в фазе стеблевания (ВВСН 45)	3,7	18,1

НСР<sub>05</sub> 0,6 1,2

По сравнению с контролем в вариантах с подкормкой аммиачной селитрой ( $N_{30}$ ) однократно в фазе всходов горчицы (вариант 2) и дробно по  $N_{15}$  в фазе всходов и в фазе стеблевания культуры (вариант 3) была получена наибольшая урожайность зеленой массы – 24,8 и 24,4 т/га соответственно. Однократное внесение азотного удобрения в дозе  $N_{30}$  в фазе стеблевания горчицы (вариант 4) в сравнении с другими вариантами дало незначительную прибавку урожайности зеленой массы – 3,9 т/га. Это может быть связано с дефицитом азота на начальных этапах роста и развития культуры, вследствие чего последующее его восполнение не оказывало сильного положительного эффекта на данный показатель, что согласуется с основным законом земледелия о «равнозначности и незаменимости факторов жизни растений». Данный закон подтверждает, что недостаток какого-то фактора жизни не может быть заменен

каким-то другим фактором жизни или компенсирован его избытком в последующие фазы роста и развития культуры.

По сравнению с контролем подкормки азотным удобрением положительно влияли на накопление сухой биомассы горчицы сарептской во всех вариантах опыта, прибавка урожайности сухой биомассы варьировала от 1,2 до 2,3 т/га. Самое большое количество сухой биомассы горчицы сарептской накопилось при однократном внесении аммиачной селитры в дозе  $N_{30}$  в фазе всходов – 5,8 т/га (вариант 2), а наименьшее – при однократном внесении азотного удобрения в дозе  $N_{30}$  в фазе стеблевания культуры – 3,7 т/га (вариант 4).

Анализ содержания азота, фосфора и калия в сухой биомассе горчицы сарептской яровой показал, что азотные подкормки положительно действуют на накопление азота, фосфора и калия в зеленой массе культуры во всех вариантах опыта (рисунок).

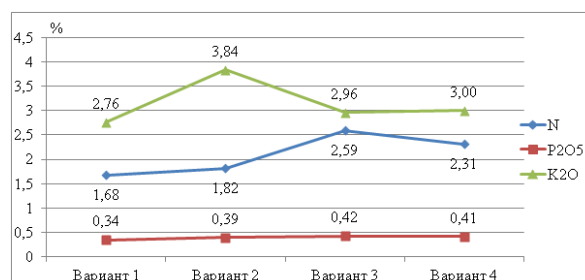


Рисунок – Средние значения массовой доли азота, фосфора и калия в зеленой массе горчицы сарептской (2021–2022 гг.)

Установлено, что поглощение и накопление калия горчицей лучше всего происходило при однократном внесении аммиачной селитры в дозе  $N_{30}$  в фазе всходов культуры (вариант 2). Этот показатель составил 3,84 %. Азот (2,59 %) и фосфор (0,42 %) лучше усваивались при дробном внесении азотного удобрения равными частями по  $N_{15}$  в фазы всходов и стеблевания горчицы (вариант 3). Увеличение накопления в зеленой массе горчицы сарептской яровой фосфора и калия,

кроме азота поступающего с азотными удобрениями, связано с биологическими особенностями культуры. Ранее нами обсуждалось, что горчица обладает уникальной корневой системой, из-за чего является хорошей сидеральной культурой, то есть в стрессовых ситуациях, например, при недостатке элементов минерального питания, она подкисляет почвенный раствор. Это позволяет переводить труднорастворимые фосфаты в доступные соединения. В условиях, создаваемых горчицей, поглощение калия может увеличиваться до 60 % [7]. В результате зеленая масса горчицы сарептской накапливает не только азот, но и фосфор с калием, которые поступают из почвы. Этот процесс способствует улучшению питания растений и повышению урожайности.

При сидерации свежую растительную массу горчицы сарептской полностью запахиваются в почву в фазе начала цветения. Расчетное количество новообразованного гумуса было вычислено путем произведения количества сухой биомассы и коэффициента гумификации горчицы (0,20) [20] (табл. 3).

Таблица 3

**Расчетное количество новообразованного гумуса и поступление в почву с зеленой массой горчицы сарептской азота, фосфора и калия в зависимости от подкормок аммиачной селитрой**

ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК, 2021–2022 гг.

Вариант	Новообразованный гумус, т/га	Поступление в почву, кг/га		
		азота	фосфора	калия
1 – контроль, без удобрений	0,5	42,0	8,5	69,0
2 – однократное внесение азотного удобрения в дозе N <sub>30</sub> в фазе всходов (ВВСН 11)	1,2	106,3	22,8	224,3
3 – дробное внесение азотного удобрения в дозе по N <sub>15</sub> в фазе всходов (ВВСН 11) и в фазе стеблевания (ВВСН 45)	0,9	117,3	19,0	134,1
4 – однократное внесение азотного удобрения в дозе N <sub>30</sub> в фазе стеблевания (ВВСН 45)	0,7	86,0	15,3	111,6
НСР <sub>05</sub>	0,1	15,0	2,1	26,3

Расчеты показали, что при внесении аммиачной селитры с увеличением урожайности зеленой массы и накопления сухой биомассы возрастает количество новообразованного гумуса. Так, в варианте с однократной подкормкой N<sub>30</sub> в фазе всходов культуры отмечается наибольшее количество расчетного новообразованного гумуса – 1,2 т/га, а в варианте с однократной подкормкой N<sub>30</sub> в фазе стеблевания культуры значительно меньше – 0,7 т/га.

Наибольшее поступление калия и фосфора в почву с зеленой массой горчицы сарептской – соответственно 224,3 и 22,8 кг/га – наблюдается при однократной подкормке азотным удобрением N<sub>30</sub> в фазе всходов культуры, а азота – при дробном внесении туков равными частями по N<sub>15</sub> в фазе всходов и стеблевания горчицы – 117,3 кг/га. Самые низкие значения накопления в зеленой массе азота (44,0 кг/га), фосфора (6,8 кг/га) и калия (42,6 кг/га) получены при внесении аммиачной селитры в дозе N<sub>30</sub> в фазе стеблевания горчицы (табл. 3).

Удобрительный эффект сидеральных культур обусловлен теми питательными веществами, которые высвобождаются при разложении биомассы. Улучшение питательного режима почвы связано также с тем, что корневые системы сидеральных культур осуществляют перемещение элементов питания (фосфор, калий) из глубоких горизонтов в пахотный слой, где вновь вовлекаются в биологический круговорот, что повышает полноту использования удобрений, внесенных в почву. Прикорневые подкормки аммиачной селитрой во всех вариантах по сравнению с контролем увеличивали урожайность зеленой массы горчицы сарептской на 3,9 т/га (вариант 4) и на 10,6 т/га (вариант 2) и содержание сухой биомассы на 1,22 т/га (вариант 4) и на 3,34 т/га (вариант 2). Также во всех вариантах опыта наблюдалась положительная тенденция к накоплению макроэлементов как в относительных значениях: азот – от 0,14 % (вариант 2) до 0,91 % (вариант 3); фосфор от – 0,05 % (вариант 2) до 0,08 %

(вариант 3); калий – от 0,24 % (вариант 4) до 1,08 % (вариант 2); так и в абсолютных значениях: азот – от 44,0 кг/га (вариант 4) до 75,3 кг/га (вариант 3); фосфор – от 6,8 кг/га (вариант 4) до 14,3 кг/га (вариант 2); калий – от 42,6 кг/га (вариант 4) до 155,3 кг/га (вариант 2).

Дробное внесение азотного удобрения в дозе по  $N_{15}$  в фазе всходов и в фазе стеблевания горчицы способствовали наибольшему накоплению азота – 117,3 кг/га – по сравнению с остальными вариантами опыта. Благодаря увеличению объема активной корневой системы горчицы сарептской в биологический круговорот из корнеобитаемых генетических горизонтов вовлекается неиспользованный резерв таких макроэлементов, как фосфор и калий, что очень хорошо прослеживается в варианте 2. Здесь однократное внесение полной дозы азотного удобрения в начальный этап онтогенеза горчицы сарептской способствовало активному набору зеленой массы культуры (урожайность 24,8 т/га) и интенсивному накоплению сухой биомассы (5,84 т/га) и вследствие этого фосфора (22,8 кг/га) и калия (224,3 кг/га).

Складывающиеся погодные условия в фазе стеблевания горчицы сарептской яровой (засуха с последующими обильными дождями) в некоторых вариантах опыта (например, вариант 4) могли привести к потерям азота из удобрений в виде оксидов (газ) или вымывания (нитраты) в нижележащие горизонты почвы. Конечно, по сравнению с контролем при применении однократной подкормки азотом в дозе  $N_{30}$  в фазе стеблевания культуры наблюдалось увеличение всех изучаемых показателей: урожайности – на 3,9 т/га, сухой биомассы – на 1,22 т/га, новообразованного гумуса на – 0,2 т/га, содержания макроэлементов (NPK) в зеленой массе: на 44,0 кг/га азота, 6,8 кг/га фосфора и 42,6 кг/га калия, но по сравнению с другими вариантами внесения удобрений – это наименьшие показатели, что свидетельствует о бесперспективности данного варианта.

**Заключение.** Наиболее высокая эффективность применения аммиачной селитры при возделывании горчицы сарептской яровой на черноземе выщелоченном Западного Предкавказья для использования ее в виде зеленого удобрения (сидерата) достигается при внесении удобрения в дозе  $N_{30}$  в фазе всходов культуры. По сравнению с вариантом без применения азотного удобрения данный агроприем обеспечивает увеличение урожая зеленой массы на 10,6 т/га, сухой биомассы на 3,3 т/га, новообразованного гумуса на 0,7 т/га, содержание макроэлементов (NPK) в урожае зеленой массы в абсолютных значениях: на 64,3 кг/га азота, 14,3 кг/га фосфора и 155,3 кг/га калия.

#### Список литературы

1. Волошин Е.И., Ивченко В.К., Рудой Н.Г. Биологические ресурсы минерального питания сельскохозяйственных культур в Красноярском крае // Вестник КрасГАУ. – 2018. – № 6 (141). – С. 51–56.
2. Шеуджен А.Х., Нецадим Н.Н., Гайдукова Н.Г., Шабанова И.В. Влияние природных и антропогенных факторов на физико-химические свойства чернозема выщелоченного и его загрязнение тяжелыми металлами // Агрохимия. – 2019. – № 1. – С. 19–28.
3. Приходько А.В., Черкашина А.В. Влияние сидеральных культур на продуктивность и качество зерна озимой пшеницы // Таврический вестник аграрной науки. – 2022. – № 2 (30). – С. 111–120.
4. Couëdel A., Alletto L., Tribouillois H., Justes É. Cover crop crucifer-legume mixtures provide effective nitrate catch crop and nitrogen green manure ecosystem services // Agriculture, Ecosystems & Environment. – 2018. – Vol. 254. – P. 50–59.
5. Vogeler I., Böldt M., Taube F. Mineralisation of catch crop residues and N transfer to the subsequent crop // Science of The Total Environment. – 2021. – Vol. 810. – P. 142–152.
6. Монастырный В.А., Бабичев А.Н., Ольгаренко В.И. Возделывание горчицы сарептской в качестве сидерата // Плодородие. – 2019. – № 5. – С. 45–47.
7. Шеуджен А.Х., Бондарева Т.Н., Онищенко Л.М., Дроздова В.В. Питание и удобрение технических и кормовых культур. – Краснодар: КубГАУ, 2–13. – 299 с.
8. Довбан К.И. Зеленое удобрение. – М.: Агропромиздат, 1990. – 208 с.
9. Шалагина Н.М., Ряховская Н.И. Применение сидеральных культур и органоминеральных удобрений в севообороте – эффективный способ повышения плодородия охристых вулканических



почв Камчатки // Плодородие. – 2018. – № 2 (101). – С. 46–48.

10. Neubauer Ch., Heitmann B., Müller S. Biofumigation potential of Brassicaceae cultivars to *Verticillium dahlia* // European Journal of Plant Pathology. – 2014. – Vol. 140 (2). – P. 341–352.

11. ГОСТ 26213-91 Почвы. Методы определения органического вещества. – 8 с.

12. ГОСТ 26489-85 Почвы. Определение обменного аммония по методу ЦИНАО. – С. 38–42.

13. ГОСТ 26951-86 Почвы. Определение нитратов ионометрическим методом. – 10 с.

14. ГОСТ 26205-91 Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Мачигина в модификации ЦИНАО. – 10 с.

15. Методика агротехнических исследований в опытах с основными полевыми культурами / В. М. Лукомец, Н. М. Тишков, С. А. Семеренко. – 3-е изд., перераб. и доп. – Краснодар: ООО «Просвещение-Юг», 2022. – 538 с.

16. ГОСТ 13496.4 2019 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания азота и сырого протеина. – 20 с.

17. ГОСТ 26657-97 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания фосфора. – С. 57–68.

18. ГОСТ 30504-97 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Пламенно-фотометрический метод определения содержания калия. – 11 с.

19. ГОСТ 26713-85 Удобрения органические. Метод определения влаги и сухого остатка. – С. 4–6.

20. Шедужен А.Х., Аканова Н.И., Бондарева Т.Н. *Агрохимия*. Ч. 6. Экологическая агрохимия: учеб. пособие. – Майкоп: ООО «Полиграф-ЮГ», 2018. – 575 с.

## References

1. Voloshin E.I., Ivchenko V.K., Rudoy N.G. Biologicheskie resursy mineral'nogo pitaniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur v Krasnoyarskom krae // Vestnik KrasGAU. – 2018. – № 6 (141). – С. 51–56.

2. Sheudzhen A.Kh., Neshchadim N.N., Gaydukova N.G., Shabanova I.V. Vliyaniye prirodnykh i antropogennykh faktorov na fiziko-khimicheskie svoystva chernozema vyshchelochennogo i ego zagryazneniye tyazhelymi metallami // Agrokhimiya. – 2019. – № 1. – С. 19–28.

3. Prihod'ko A.V., Cherkashina A.V. Vliyaniye sideral'nykh kul'tur na produktivnost' i kachestvo zerna ozimoy pshenitsy // Tavricheskiy vestnik agrarnoy nauki. – 2022. – № 2 (30). – С. 111–120.

4. Couëdel A., Alletto L., Tribouillois H., Justes É. Cover crop crucifer-legume mixtures provide effective nitrate catch crop and nitrogen green manure ecosystem services // Agriculture, Ecosystems & Environment. – 2018. – Vol. 254. – P. 50–59.

5. Vogeler I., Böldt M., Taube F. Mineralisation of catch crop residues and N transfer to the subsequent crop // Science of The Total Environment. – 2021. – Vol. 810. – P. 142–152.

6. Monastyrnyy V.A., Babichev A.N., Ol'garenko V.I. Vozdelyvaniye gorchitsy sareptskey v kachestve siderata // Plodorodie. – 2019. – № 5. – С. 45–47.

7. Sheudzhen A.Kh., Bondareva T.N., Onishchenko L.M., Drozdova V.V. Pitaniye i udobreniye tekhnicheskikh i kormovykh kul'tur. – Krasnodar: KubGAU, 2–13. – 299 s.

8. Dovban K.I. Zelenoe udobreniye. – M.: Agropromizdat, 1990. – 208 s.

9. Shalagina N.M., Ryakhovskaya N.I. Primeneniye sideral'nykh kul'tur i organomineral'nykh udobreniy v sevooborote – effektivnyy sposob povysheniya plodorodiya okhristykh vulkanicheskikh pochv Kamchatki // Plodorodie. – 2018. – № 2 (101). – С. 46–48.

10. Neubauer Ch., Heitmann B., Müller S. Biofumigation potential of Brassicaceae cultivars to *Verticillium dahlia* // European Journal of Plant Pathology. – 2014. – Vol. 140 (2). – P. 341–352.

11. GOST 26213-91 Pochvy. Metody opredeleniya organicheskogo veshchestva. – 8 s.

12. GOST 26489-85 Pochvy. Opredeleniye obmenogo ammoniya po metodu TsINAO. – С. 38–42.

13. GOST 26951-86 Pochvy. Opredeleniye nitratov ionometricheskim metodom. – 10 s.

14. GOST 26205-91 Pochvy. Opredeleniye podvizhnykh soedineniy fosfora i kaliya po metodu Machigina v modifikatsii TsINAO. – 10 s.

15. Metodika agrotekhnicheskikh issledovaniy v opytakh s osnovnymi polevymi kul'turami / V. M. Lukomets, N. M. Tishkov, S. A. Semerenko. – 3-e izd., pererab. i dop. – Krasnodar: ООО «Prosveshchenie-Yug», 2022. – 538 s.

16. GOST 13496.4 2019 Korma, kombikorma, kombikormovoe syr'e. Metody opredeleniya sodержaniya azota i syrogo proteina. – 20 s.

17. GOST 26657-97 Korma, kombikorma, kombikormovoe syr'e. Metody opredeleniya sodержaniya fosfora. – С. 57–68.

18. GOST 30504-97 Korma, kombikorma, kombikormovoe syr'e. Plamenno-fotometricheskii metod opredeleniya sodержaniya kaliya. – 11 s.

19. GOST 26713-85 Udobreniya organicheskie. Metod opredeleniya vlagi i sukhogo ostatka. – С. 4–6.

20. Sheudzhen A.Kh., Akanova N.I., Bondareva T.N. *Agrokhimiya*. Ch. 6. Ekologicheskaya agrokhimiya: ucheb. posobie. – Maykop: ООО «Poligraf-YuG», 2018. – 575 s.

## Сведения об авторах

**Занозина О.Д.**, аспирант, мл. науч. сотр.

**Бушнев А.С.**, зав. отд., вед. науч. сотр., канд. с.-х. наук, доцент

*Получено/Received*

25.03.2024

*Получено после рецензии/Manuscript peer-reviewed*

05.04.2024

*Получено после доработки/Manuscript revised*

10.04.2024

*Принято/Accepted*

25.04.2024

*Manuscript on-line*

30.06.2024