

DOI 10.33952/2542-0720-2021-4-28-9-21

УДК 633.13:631.84:547.979.7

Баталова Г. А., Лисицын Е. М., Вологжанина Е. Н., Журавлева Г. П.

ВЛИЯНИЕ ДОЗЫ И ВРЕМЕНИ ОБРАБОТКИ ПРЕПАРАТОМ «КАС 28» НА РАЗВИТИЕ РАСТЕНИЙ ОВСА

ФГНБУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого»

Реферат. Для определения оптимальных вариантов применения препарата «КАС 28» при выращивании овса пленчатого сорта Кировский 2 в 2019–2020 гг. исследовали следующие варианты: 1 – контроль без обработки препаратом; 2 – обработка посевов «КАС 28» в рекомендованной дозе (35 л/га) в фазе кущения; 3 – обработка посевов «КАС 28» – 60 % рекомендованной дозы (21 л/га) в фазе кущения; 4 – обработка посевов «КАС 28» в рекомендованной дозе в начале фазы выхода в трубку; 5 – обработка посевов «КАС 28» – 60 % рекомендованной дозы в начале фазы выхода в трубку. Средняя за годы исследований урожайность изменялась от 5,52 т/га в варианте 3 (на уровне контроля) до 6,59 т/га в варианте 5 (превышение контроля на 16,0 %). В вариантах 2 и 4 прибавки к контролю составили соответственно 0,49 и 0,50 т/га (8,8 %). Обработка посевов сниженной дозой удобрения в фазе кущения способствовала уменьшению урожайности на 0,65 т/га (10,6 %), а в фазе начала выхода в трубку, наоборот, повышала ее на 0,41 т/га (6,6 %). «КАС 28» привел к повышению длины метелки на 3,5–5,3 % от контроля (16,9 см), количества зерен в метелке – на 5,3–12,0% (в контроле – 48 шт.), массы зерна с метелки – на 5,6–23,4% (контроль – 1,78 г). Уменьшенная доза удобрения способствовала меньшему эффекту. Однако снижение дозы удобрения привело к статистически значимому повышению массы 1000 зерен (на 0,55–1,61 г или 1,4–4,1 %). Для повышения урожайности зерна овса сорта Кировский 2 и снижения антропогенной нагрузки на агроэкосистему предлагается проводить внекорневую подкормку в фазе выхода в трубку препаратом «КАС 28» в дозе 21 л/га.

Ключевые слова: овес (*Avena sativa* L.), азотное питание, внекорневая подкормка, каротиноиды, натура, пленчатость, чистая продуктивность фотосинтеза, хлорофилл.

Для цитирования: Баталова Г. А., Лисицын Е. М., Вологжанина Е. Н., Журавлева Г. П. Влияние дозы и времени обработки препаратом «КАС 28» на развитие растений овса // Таврический вестник аграрной науки. 2021. № 4(28). С. 9–21. DOI: 10.33952/2542-0720-2021-4-28-9-21.

For citation: Batalova G. A., Lisitsyn E. M., Vologzhanina E. N., Zhuravleva G. P. Effect of timing and dosage of “KAS 28” application on oat plants development // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2021. No. 4(28). P. 9–21. DOI: 10.33952/2542-0720-2021-4-28-9-21.

Введение

Сельское хозяйство и производство продуктов питания взаимосвязаны, развитие научных исследований в данном направлении актуально во всем мире и направлено на обеспечение повышения доступности продовольствия и качества питания населения. Одновременно с ростом интереса населения к здоровому образу жизни и качеству питания, повысилась заинтересованность сельхозпроизводителей в получении стабильно высокой урожайности зерна высокого качества для производства продуктов питания и кормов.

Овес (*Avena sativa* L.) – культура многоцелевого использования, продукты из овса способствуют укреплению здоровья человека, служат профилактическим средством при ряде заболеваний [1, 2]. С учетом сбалансированного по

аминокислотному составу белка и высокого содержания масла в зерне овес имеет преимущества перед пшеницей и ячменем для использования на корм скоту и птице [3]. Его широко возделывают в мире и практически повсеместно на территории России. Российский рынок овса характеризуется некоторым сокращением посевных площадей и валовых сборов зерна в последние 10 лет. По данным сайта ab-centre.ru [4], посевная площадь под культурой в 2020 г. была наименьшей за последние 30 лет – 2 422 тыс. га, производство зерна снизилось относительно уровня 2019 г. на 6,6 % и составило 4 132 тыс. т при урожайности 17,7 ц/га или на 2,7 % меньше предшествующего года. В целом наблюдается сокращение производства овса в России: за последние пять лет на 8,9 %, относительно 2001 г. – на 46,5 %, 1990 г. – на 66,5 %. В тоже время в среднем за последние пять лет отмечен рост урожайности культуры на 10,6 %, за 10 лет – на 22,9 %, за 20 лет – на 19,6 %. Мировое производство зерна овса в настоящее время составляет около 23 млн т. Основными его производителями, наряду с Россией, являются Канада (3 018,1 тыс. т), Польша (1 358,1 тыс. т), Австралия (1 299,7 тыс. т) и Финляндия (1 037,4 тыс. т) [5].

Контрастность почвенно-климатических условий регионов выращивания овса предполагает использование технологий (элементов технологий) выращивания, обеспечивающих адаптацию сорта и культуры к региональным экологическим факторам, в том числе путем применения различных форм удобрений, стимуляторов роста, других средств интенсификации растениеводства. В период вегетации зерновых культур актуально применение внекорневых обработок жидкими минеральными удобрениями, такими как «КАС 28», который представляет собой жидкий раствор карбамида и аммиачной селитры. Это единственное азотное удобрение, содержащее нитратный, аммонийный, амидный азот и не содержащее свободного аммиака, что позволяет существенно снизить непроизводительные потери азота [6]. Физиологическое действие препарата на растения заключается в активации роста, когда надземная часть растения интенсивно развивается, закладываются цветочные почки – залог будущего урожая. Основными элементами технологии выращивания сельскохозяйственных культур являются правильно подобранные дозы и периоды внесения азотных удобрений [7]. Азотные удобрения – сам дорогостоящий элемент технологии ввиду высокой потребности растений в них и их высокой стоимости [8], поэтому оптимизация азотного питания очень важна с точки зрения снижения себестоимости продукции и повышения рентабельности растениеводства [9]. Известно, что растения овса более всего нуждаются в азоте в период между началом кущения и началом выхода в трубку и, соответственно, внекорневые подкормки в этот период наиболее эффективны [10, 11]. Данные, полученные в работах зарубежных ученых [12, 13] показывают, что в благоприятный по метеорологическим условиям год внекорневые подкормки эффективнее применять на 40–45 день после всходов, а в неблагоприятный год – на 30–35 день после всходов. Таким образом, правильное использование азотных удобрений помогает проявить урожайный потенциал культуры [14]. Так, при управлении азотным питанием в режиме реального времени (real-time N management = RTNM), азотные удобрения используются в определенной дозе только когда содержание азота в листьях снижается ниже определенного порога [15].

Цель исследований – определить оптимальные варианты применения препарата «КАС 28» для получения высокой урожайности и качества зерна овса пленчатого.

Материал и методы исследований

Исследования поведены в 2019–2020 гг. на опытном поле ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого» (Кировская область Российской Федерации) на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве, залегающей на элювии пермских глин, со следующими

показателями качества: содержание гумуса – 2,43–2,51 % (по Тюрину, ГОСТ 26213-91), подвижного фосфора и калия – 334–339 и 200–245 мг/кг почвы соответственно (по Кирсанову, ГОСТ 26207-91), рН – 5,7–6,0 (ГОСТ 26212-91). Опыт заложен в соответствии с методиками государственного сортоиспытания [16] и полевого опыта [17]. Изучено влияние жидкого минерального удобрения «КАС 28» на формирование продуктивности растений и качество зерна перспективной линии пленчатого овса (*Avena sativa* L.) 325h12, переданной в 2021 г. на государственное сортоиспытание как сорт Кировский 2. Удобрение «КАС 28» представляет собой карбамидно-аммиачную смесь с серой, предназначенную для обработки вегетирующих растений по листу, а также заделки в почву; производитель – компания «Спецхимагро» (г. Кирово-Чепецк, Кировская обл.). В удобрении «КАС 28» массовая доля азота при натуральной влажности составляет 28 %, из них: аммонийного – $4,8 \pm 0,2$ %, нитратного – $12,8 \pm 0,4$ %, амидного – $10,6 \pm 0,3$ %, рН = $8,0 \pm 1,0$ % [18].

Схема исследований включала следующие варианты применения «КАС 28»:

- 1 – контроль, без обработки препаратом;
- 2 – обработка посевов «КАС 28» в рекомендуемой дозе (35 л/га в баковой смеси 200 л) в фазе кущения;
- 3 – обработка посевов «КАС 28» – 60 % от рекомендованной дозы в фазе кущения;
- 4 – обработка посевов «КАС 28» в рекомендуемой дозе в начале фазы выхода в трубку;
- 5 – обработка посевов «КАС 28» – 60 % от рекомендованной дозы в начале фазы выхода в трубку.

Отбор проб для учета площади листьев и расчета чистой продуктивности фотосинтеза, количественного содержания пигментов в листьях проводили в фазы: начало и конец выхода в трубку, выметывание, начало формирования зерна. Оценка содержания пигментов (хлорофилл *a*, хлорофилл *b*, каротиноиды) проведена в ацетоновых вытяжках из флаговых листьев с использованием спектрофотометра UVmini-1240 (SHIMADZU Corporation, Japan); выделение пигментов и расчет их содержания – по методике [19]; определение чистой продуктивности фотосинтеза (ЧПФ) – по [20]. Посев делянок осуществлен порционной сеялкой ССК-6-10, уборка комбайном «Wintersteiger».

Для статистической обработки результатов исследований использовали пакет селекционно-ориентированных и биометрико-генетических программ AGROS, версия 2.07 и пакет прикладных программ Microsoft Excel из стандартного набора Microsoft Office 2013. В таблицах приведены средние данные из четырех полевых повторностей (для показателей продуктивности) или из трех аналитических повторностей (для физиологических показателей) с указанием ошибки среднего.

Результаты и их обсуждение

Известно, что величина урожайности в значительной мере подвержена воздействию факторов окружающей среды [21, 22]. В 2019 г. сумма эффективных температур на конец июля составила 958,1 °С или на 57,9 °С ниже показателя 2020 г. Температура в течение месяца была в пределах 16–22 °С и в среднем за месяц оказалась на 1,5–2,5 °С ниже нормы; количество осадков в июне было выше среднегодового значения (109 %), но в июле – только 62 % от него. В то же время, хотя в период от посева до всходов наблюдали недостаточное увлажнение (ГТК = 0,40), но последующие благоприятные условия обеспечили формирование высокой урожайности: от 5,98 т/га в контроле до 6,93 т/га в варианте 5. При этом, как показывают данные статистической обработки, вариант № 3 значительно отличался от контрольной величины в сторону снижения показателя (на 10,3 %), а остальные варианты – в сторону увеличения (на 7,0–15,9 %). Снижение рекомендованной дозы

азотного удобрения в первый срок обработки снизил итоговую урожайность сорта Кировский 2 на 18,1 %, а во второй срок – напротив, повысил на 8,2 % (таблица 1).

Таблица 1 – Урожайные характеристики овса пленчатого Кировский 2, 2019 г.

Вариант	Урожайность, т/га	Характеристика метелки			Высота растения, см
		длина, см	число зерен, шт.	масса зерна, г	
1 – контроль	5,98 ± 0,08	17,8 ± 0,5	53,0 ± 3,6	2,26 ± 0,17	93,3 ± 2,3
2	6,56 ± 0,04*	17,3 ± 0,3	48,0 ± 2,3	2,11 ± 0,12	95,2 ± 1,1
3	5,37 ± 0,04*	18,5 ± 0,3	51,2 ± 3,9	2,41 ± 0,17	95,7 ± 0,7
4	6,40 ± 0,05*	18,2 ± 0,4	55,4 ± 1,4	2,51 ± 0,09	98,8 ± 0,6*
5	6,93 ± 0,03*	19,1 ± 0,6*	55,3 ± 2,2	2,31 ± 0,11	100,9 ± 0,8*

Примечание. * статистически значимое отличие от контроля при $p \leq 0,05$.

Урожайность зерна овса увеличивается с повышением доступности азота, который способствует изменению элементов продуктивности [23]. Таким образом, связь урожайности зерна с развитием этих элементов представляет собой стратегию оптимизации использования питательных веществ [24]. Урожайность зерна овса является результирующим набором различных факторов. Поэтому отдельные элементы и/или их комбинации могут увеличить или уменьшить конечную величину урожайности [25]. В нашем исследовании статистически значимые отличия от контроля выявлены только в варианте 4 по высоте растений (увеличилась на 5,9 %) и в варианте 5 по длине метелки и высоте растений (повышение соответственно на 7,3 и 8,1 %). Снижение рекомендованной дозы внесения азотного удобрения в первый срок обработки привело к статистически значимому повышению длины метелки (на 6,9 %) и массы зерна с метелки (на 14,2 %); во второй срок – только к повышению высоты растений (на 2,1 %). Полученные нами результаты несколько расходятся с литературными данными о том, что внекорневая обработка азотными удобрениями приводит к увеличению высоты растений [26, 27], однако эти данные получены на высоком фоне основного предпосевного внесения азота.

В 2020 г. условия периода «всходы – выметывание» по величине показателя гидротермического коэффициента (ГТК = 1,91) были благоприятны для формирования высокой урожайности овса. Однако на момент цветения и формирования зерна (первая – вторая декады июля) отмечали повышенный температурный фон (до 34 °С или на 3–8 °С выше нормы) при повышенном увлажнении (110 % от среднепогодного значения), что вызвало сокращение продолжительности периода от выметывания до созревания, стерилизацию части цветков метелки растений овса, снижение ее продуктивности и, в целом, урожайности. Подкормка растений азотным удобрением значимо повысила урожайность овса сорта Кировский 2 по отношению к контролю: от 5,4 % в варианте 3 до 16,2 % в варианте 5 (таблица 2). Отмечены статистически значимые отличия по уровню урожайности между рекомендованной (100 %) и 60 % дозой удобрения, при этом снижение рекомендуемой дозы в первый срок привело к снижению урожайности (на 2,1 %), а во второй – наоборот, к увеличению (на 4,9 %).

Таблица 2 – Урожайные характеристики овса пленчатого Кировский 2, 2020 г.

Вариант	Урожайность, т/га	Характеристика метелки			Высота растения, см
		длина, см	число зерен, шт.	масса зерна, г	
1 – контроль	5,37 ± 0,02	16,1 ± 0,3	42,8 ± 2,2	1,29 ± 0,07	84,0 ± 0,8
2	5,78 ± 0,03*	16,5 ± 0,3	52,9 ± 3,8*	1,87 ± 0,14*	89,8 ± 0,7*
3	5,66 ± 0,02*	16,6 ± 0,2	37,5 ± 2,2*	1,34 ± 0,09	83,1 ± 0,6
4	5,95 ± 0,01*	17,5 ± 0,4*	51,9 ± 3,1*	1,87 ± 0,12*	84,1 ± 0,7
5	6,24 ± 0,02*	16,5 ± 0,3	49,3 ± 3,4*	1,72 ± 0,12*	85,2 ± 1,0

Примечание. * статистически значимое отличие от контроля при $p \leq 0,05$.

Высота растений значительно отличалась от контроля только в варианте 2 (превышение контроля составило 6,9 %), длина метелки – только в варианте 4 (повышение на 8,7 %). Что касается морфологических отличий метелки, можно отметить статистически значимое увеличение числа и массы зерен в метелке в вариантах 2, 4 и 5 относительно контрольного варианта (число зерен увеличилось, соответственно, на 23,6; 21,3 и 15,2 %, масса – на 45,0; 45,0 и 33,3 %). В работе [28] указывается, что из всех параметров метелки наиболее чувствительным к изменению уровня азотного питания является признак «масса зерна с метелки», а другие [29] добавляют к нему еще и признак «число зерен в метелке». Снижение дозы применяемого удобрения в первый срок привело к снижению величин этих показателей метелки на 29,1 и 28,4 %. Снижение дозы удобрения во второй срок обработки значительно снизило длину метелки (на 5,7 %, приведя ее к показателям контрольного варианта), остальные параметры метелки между вариантами 4 и 5 не отличались.

Средняя за годы исследований урожайность сорта Кировский 2 изменялась от 5,52 т/га в варианте 3, до 6,58 т/га в варианте 5. При этом статистически значимое отличие от контрольного варианта (5,66 т/га) отмечено только в варианте 5. Хотя в целом признано, что повышение уровня азотного питания приводит к повышению урожайности овса и развитию элементов метелки [30], в работах бразильских авторов часто указывается, что внекорневые подкормки азотом не влияют на урожайность овса [31, 32], но это связано с высоким уровнем плодородия почвы. В нашем случае мы видим, что отсутствие различий с контрольным вариантом объясняется скорее условиями вегетации в разные годы, так как в каждый отдельный год исследований все варианты опыта статистически значимо отличались от контроля.

В абсолютном выражении вариант 2 (обработка рекомендованной производителем дозой удобрения в фазе кущения) имел наиболее продуктивную и по количеству, и по массе зерна метелку, а наибольший выход зерна из снопового образца ($K_{хоз.} = 56,6\%$) имел вариант 3 со сниженной дозой внесения удобрений. Однако эти отличия от контрольного варианта были статистически незначимыми, что объясняется значительным отличием данных по годам исследования – в 2019 г. по параметрам развития метелки отличия от контроля практически отсутствовали. В 2020 г. отмечено положительное влияние препарата «КАС 28» на формирование элементов структуры – высоты растения, длины и массы метелки, числа зерен и массы зерна с метелки (при $p \leq 0,05$).

В среднем за два года исследований среди элементов структуры продуктивности не выявлено признака, значимо повлиявшего на формирование урожайности, поскольку урожайность есть результат совокупности признаков продуктивности и плотности продуктивного стеблестоя. Наибольшее влияние на урожайность ($r = 0,65$) оказала масса 1000 зерен. Условия года выращивания значительно влияли на эффективность применяемых удобрений: если в 2019 г. только вариант 3 значительно превысил по величине этого показателя (масса 1000 зерен) контроль (на 0,9 %), а в остальных вариантах отмечено снижение величин этого показателя (на 1,1–7,8 %), то в 2020 г. только вариант 2 оказался на уровне контроля, остальные варианты опыта привели к повышению массы 1000 зерен (на 1,4–3,8 %). Снижение дозы применяемого удобрения в целом способствовало статистически значимому повышению массы 1000 зерен (на 1,4–4,1 %), за исключением второго срока обработки в 2019 г., где отмечено ее снижение (на 6,7 %) (таблица 3).

Натурная масса зерна в оба года исследований значительно увеличилась при использовании препарата «КАС 28» (от 1,5 до 5,2 %). Наиболее эффективным был вариант 4 – использование рекомендованной дозы во второй срок обработки (2,5 и 5,2 %).

Снижение дозы препарата в первый срок повысило натурную массу зерна в 2020 г. (на 2,4 %), а во второй срок в оба года привело к ее снижению (на 0,7 и 1,8 %).

Таблица 3 – Технологические качества зерна овса пленчатого

Вариант	Натура зерна, г/л		Пленчатость, %		Масса 1000 зерен, г	
	2019 г.	2020 г.	2019 г.	2020 г.	2019 г.	2020 г.
1 – контроль	610 ± 1	536 ± 0	22,1 ± 0,1	25,6 ± 0,1	43,6 ± 0,1	34,6 ± 0,1
2	621 ± 1*	546 ± 1*	21,6 ± 0,1*	25,1 ± 0,1*	42,9 ± 0,1*	34,5 ± 0,1
3	619 ± 1*	559 ± 1*	21,8 ± 0,0*	26,0 ± 0,1*	44,0 ± 0,1*	35,9 ± 0,1*
4	625 ± 1*	564 ± 0*	21,5 ± 0,1*	24,6 ± 0,1*	43,1 ± 0,1*	35,1 ± 0,1*
5	621 ± 1*	554 ± 4*	22,2 ± 0,1	24,7 ± 0,1*	40,2 ± 0,1*	35,6 ± 0,1*

Примечание. * статистически значимое отличие от контроля при $p \leq 0,05$.

Пленчатость зерна в целом снижалась от применения препарата (на 1,4–3,9 %) кроме варианта 3 в 2020 г. (повышение на 1,6 %) и варианта 5 в 2019 г. (на уровне контроля). Снижение дозы препарата приводило к увеличению пленчатости на 1–3 %, за исключение второго срока обработки в 2020 г., когда эффект не был статистически значимым.

В целом за два года исследований технологические показатели качества зерна нового сорта были высокие, характерные для ценного по этому признаку сорта. Зерно, как в контроле, так и в экспериментальных вариантах было крупное, имело высокие показатели натуры, массы 1000 зерен и низкую пленчатость.

Установлена существенная положительная корреляционная связь между урожайностью овса пленчатого Кировский 2 и содержанием пигментов во флаговом листе (таблица 4). Коэффициенты корреляции составили: для хлорофиллов *a*, *b* и каротиноидов (*Car*) соответственно $r = 0,95$; $0,93$ и $0,97$ (значимо при $p \leq 0,05$).

Таблица 4 – Содержание пигментов во флаговых листьях растений овса (среднее за 2019–2020 гг.)

Вариант	Количество пигментов, мг/г сухой массы					
	<i>Chl a</i>	<i>Chl b</i>	<i>Car</i>	<i>Chl a</i>	<i>Chl b</i>	<i>Car</i>
	фаза выметывания			начало формирования зерна		
2019 г.						
1 – контроль	5,27 ± 0,28	2,63 ± 0,16	1,75 ± 0,09	8,44 ± 0,91	6,66 ± 0,94	1,76 ± 0,13
2	6,47 ± 0,23*	3,69 ± 0,05*	1,83 ± 0,06	7,09 ± 0,37*	4,48 ± 0,21*	1,77 ± 0,10
3	5,03 ± 0,35	2,55 ± 0,08	1,61 ± 0,12	6,53 ± 0,04*	4,02 ± 0,14*	1,70 ± 0,06
4	6,23 ± 0,11*	3,46 ± 0,23*	1,78 ± 0,03	8,37 ± 0,05	5,67 ± 0,17	2,02 ± 0,05*
5	7,68 ± 0,10*	4,76 ± 0,03*	1,97 ± 0,05*	7,90 ± 0,50	5,40 ± 0,75	1,90 ± 0,03
2020 г.						
1 – контроль	9,36 ± 0,28	8,61 ± 0,27	1,67 ± 0,01	7,64 ± 0,50	6,61 ± 0,53	1,51 ± 0,48
2	8,71 ± 0,20*	8,15 ± 0,12*	1,56 ± 0,06*	9,49 ± 0,36*	8,19 ± 0,32*	1,86 ± 0,08
3	9,48 ± 0,14	8,26 ± 0,11	1,84 ± 0,02*	9,84 ± 0,15*	7,89 ± 0,26*	2,03 ± 0,04
4	9,11 ± 0,38	8,13 ± 0,11*	1,71 ± 0,12	10,31 ± 0,09*	9,25 ± 0,20*	1,87 ± 0,02
5	7,96 ± 0,97*	7,30 ± 0,81*	1,29 ± 0,37	9,51 ± 0,18*	8,25 ± 0,23*	1,77 ± 0,11

Примечание. * статистически значимое отличие от контроля при $p \leq 0,05$.

Результаты оценки влияния азотного удобрения на содержание пигментов в фазе выметывания в 2019 г. соответствуют теоретическим ожиданиям [9, 33] – улучшение азотного питания привело к повышению содержания хлорофилла, так как азот является основным элементом при синтезе хлорофилла. Исключение составил вариант 3, не отличившийся от контроля. Снижение дозы удобрения в первый срок обработки также закономерно снизило содержание пигментов (на 22,3 % и 30,1 % для *Chl a* и *b* соответственно). Однако во второй срок обработки эффект от снижения дозы удобрений был противоположным – содержание *Chl a* и *b* значимо повысилось на 23,3 и 37,5 %.

В 2020 г. внекорневые обработки азотным удобрением либо не повлияли на содержание пигментов флагового листа овса в фазе выметывания, либо значительно снизили его (на 5,3–15,2 %). При этом снижение дозы удобрения в первый срок повлияло только на *Chl a*, подняв его содержание на уровень контроля, а во второй срок содержание обоих хлорофилльных пигментов снизилось на 10,2–12,7 %. Возможным объяснением подобных результатов может быть различная потребность в азоте растений разных вариантов в конкретный период их развития: эффективность усвоения азота растениями и, соответственно, использование его для синтеза пигментов определялась сложившимися условиями вегетации.

Обработка растений овса препаратом «КАС 28» в первый срок в 2019 г. привела к значимому снижению содержания пигментов во флаговых листьях в фазе начала формирования зерна (*Chl a* – на 16,0–22,7 %; *Chl b* – на 32,8–39,6 %); понижение дозы препарата также значительно уменьшало содержание хлорофиллов (на 7,9 и 10,3 % для *Chl a* и *b* соответственно). При обработке растений во второй срок уровень содержания хлорофиллов совпадал с контрольным вариантом; изменения содержания каротиноидов отмечено только в варианте 4. Данные 2020 г. показали противоположную картину: обработка препаратом в оба срока приводила к статистически значимому увеличению содержания пигментов (*Chl a* – на 24,2–34,9 %; *Chl b* – на 19,4–39,9 %). Значимое снижение содержания хлорофиллов от пониженной дозы препарата отмечено только для второго срока обработки. На содержание каротиноидов обработка препаратом не оказала влияния.

На первых этапах вегетации (начало выхода в трубку) наблюдали отсутствие значимого эффекта препарата в первый срок обработки по массе сухого вещества растений, но обработка во второй срок значительно повысила величину этого показателя (таблица 5).

Таблица 5 – Масса сухого вещества одного растения овса пленчатого (среднее за 2019–2020 гг.)

Вариант	Фаза вегетации			
	начало выхода в трубку	конец выхода в трубку	выметывание	начало формирования зерна
1 – контроль	0,56 ± 0,04	1,39 ± 0,12	1,87 ± 0,06	2,62 ± 0,18
2	0,65 ± 0,07	1,14 ± 0,21	2,74 ± 0,06*	3,54 ± 0,15*
3	0,56 ± 0,06	0,88 ± 0,17*	2,34 ± 0,12*	3,37 ± 0,21*
4	0,64 ± 0,01*	1,30 ± 0,25	3,67 ± 0,28*	3,35 ± 0,18*
5	0,67 ± 0,05*	0,76 ± 0,09*	2,38 ± 0,21*	3,15 ± 0,25*

Примечание. * статистически значимое отличие от контроля при $p \leq 0,05$.

Однако к концу фазы выхода в трубку оба варианта с пониженной дозой препарата показали статистически значимое отставание от контроля. В последующем с фазы выметывания происходило более интенсивное накопление биомассы растениями в экспериментальных вариантах относительно контроля. Прирост составил в начале формирования зерна 0,53–0,92 г сухого вещества на растение, что затем обеспечило дополнительный урожай зерна. Снижение дозы применяемого препарата статистически значимо повлияло на массу сухого вещества растений только в конце выхода в трубку при обработке растений во второй срок (снижение на 42 %) и в фазе выметывания (на 14,6 % при обработке в первый срок и на 45,1 % при обработке во второй срок).

Схожая ситуация сложилась и для показателя скорости прироста массы одного растения (таблица 6). Если в начале фазы выхода в трубку в экспериментальных вариантах наблюдали отставание скорости прироста от контроля от 0,227 г/сутки (17,4 %) в варианте 2 до 0,594 г/сутки (или 45,3 %) в варианте 5 (вариант 4 был на

уровне контроля), то к концу данного периода наблюдали превышение показателя над контролем от 0,820 г/сутки (40,1 %) в вариантах 3 и 4 до 1,507 г/сутки (73,8 %) в варианте 2 (за исключением варианта 5, не отличающегося от контроля).

К началу формирования зерна, когда листья нижнего яруса заканчивали активную вегетацию, показатель скорости прироста сухой массы растения превысил контроль на 0,160–2,354 г/растение (5,4–79,9 %). Вариант 5 оставался на уровне контроля. Снижение дозы препарата во второй срок обработки значительно понижала скорость прироста массы растений (за исключением фазы конца выхода в трубку), при обработке в первый срок наблюдали снижение показателя в начале выхода в трубку, но статистически значимое превышение скорости прироста сухой массы на фазах выметывания и начала формирования зерна.

Таблица 6 – Скорость прироста массы 1 растения овса пленчатого, г/сутки (среднее за 2019–2020 гг.)

Вариант	Фаза вегетации			
	начало выхода в трубку	конец выхода в трубку	выметывание	начало формирования зерна
1 – контроль	1,310 ± 0,094	2,041 ± 0,176	2,814 ± 0,090	2,947 ± 0,202
2	1,083 ± 0,117*	3,548 ± 0,654*	3,239 ± 0,071*	3,489 ± 0,148*
3	0,848 ± 0,091*	2,862 ± 0,553*	5,099 ± 0,261*	5,301 ± 0,330*
4	1,273 ± 0,020	2,860 ± 0,550*	4,426 ± 0,338*	4,632 ± 0,249*
5	0,716 ± 0,053*	2,424 ± 0,287	2,941 ± 0,260	3,107 ± 0,247

Примечание. * статистически значимое отличие от контроля при $p \leq 0,05$.

При расчете прироста массы растений на единицу площади листьев (то есть чистой продуктивности фотосинтеза, ЧПФ) установлено, что ее максимальный прирост наблюдали в период «конец выхода в трубку – выметывание», когда все листья растений еще активно работали. Прирост составил относительно контроля от 5,88 г/(м²×сутки) (+74,5 %) в варианте применения «КАС 28» в рекомендованной дозе во второй срок до 12,81 г/(м²×сутки) (+263,2 %) при его использовании в первый срок в рекомендованной дозе; абсолютные показатели составили соответственно по вариантам 13,77 и 20,77 г/(м²×сутки), при 7,89 г/(м²×сутки) в контроле. ЧПФ показывает удельную производительность ассимиляционного аппарата, то есть накопление биомассы единицей площади листьев за единицу времени, г/(м²×сутки) и характеризует не фотосинтез в чистом виде, а суточную разницу между фотосинтезом и дыханием целого растения отнесенную к единице площади листьев.

Выводы

В среднем за годы исследования подкормка растений азотным удобрением «КАС 28» статистически значимо повышала урожайность овса сорта Кировский 2 по отношению к контролю без обработки на 5,4–16,2 % при уровне контрольного варианта 5,66 т/га.

Влияние препарата на параметры развития метелки зависело от условий года вегетации – в 2019 г. отличия от контроля практически отсутствовали, в 2020 г. отмечено положительное влияние препарата «КАС 28» на формирование длины и массы метелки, числа зерен и массы зерна с метелки (5,9–14,2 %) (значимо при $p \leq 0,05$). В 2019 г. только вариант 3 значимо на 0,9 % превысил по массе 1000 зерен контрольную величину (43,6 г), в остальных вариантах отмечено снижение параметра (на 1,1–7,8 %); в 2020 г. только вариант 2 оказался на уровне контроля (34,6 г), остальные варианты опыта привели к повышению массы 1000 зерен на 1,4–3,8 %. Натурная масса зерна в оба года исследований показала значимое увеличение при использовании препарата «КАС 28» (от 1,5 до 5,2 % при 573 г/л в контроле). Пленчатость зерна, в целом, снижалась от применения препарата (на 1,4–3,9 %) по

сравнению с контролем (25,6 абс. %) кроме варианта 3 в 2020 г. (повышение на 1,6 %) и варианта 5 в 2019 г. (на уровне контроля = 22,1 абс. %).

Обработка растений овса препаратом «КАС 28» в первый срок в 2019 г. привела к значимому снижению содержания пигментов во флаговых листьях в период начала формирования зерна: *Chl a* на 16,0–22,7 % и *Chl b* на 32,8–39,6 % (в контроле – 8,44 и 6,66 мг/г соответственно). При обработке растений во второй срок уровень содержания хлорофиллов совпадал с контрольным вариантом. В 2020 г. обработка препаратом в оба срока приводила к статистически значимому увеличению содержания хлорофиллов (*Chl a* – на 24,2–34,9 %; *Chl b* – на 19,4–39,9 %). На содержание каротиноидов обработка препаратом не оказала влияния.

Начиная с фазы выметывания происходило более интенсивное накопление массы растениями в экспериментальных вариантах относительно контроля. Прирост составил в начале формирования зерна 0,53–0,92 г сухого вещества на растение.

Таким образом, для получения более высокой урожайности зерна овса сорта Кировский 2 приемлемого качества и снижения уровня антропогенной нагрузки на агроэкосистему можно рекомендовать внекорневую подкормку растений в фазе выхода в трубку препаратом «КАС 28» в дозе, пониженной на 40 % от рекомендуемой производителем (то есть 21 л/га в баковой смеси 200 л).

Литература

1. Nwachukwu I. D., Devassy J. G., Aluko R. E., Jones P. J. H. Cholesterol-lowering properties of oat β -glucan and the promotion of cardiovascular health: did Health Canada make the right call? // *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*. 2015. Vol. 40. P. 535–542. DOI: 10.1139/apnm-2014-0410.
2. Schuster J., Beninca G., Vitorazzi R., Bosco S.M.D. Effects of oats on lipid profile, insulin resistance and weight loss // *Nutrición Hospitalaria*. 2015. Vol. 32. P. 2111–2116.
3. Gorash A., Armoniene R., Mitchell Fetch J., Liatukas Ž., Danyte V. Aspects in oat breeding: nutrition quality, nakedness and disease resistance, challenges and perspectives // *Annals of Applied Biology*. 2017. Vol. 171(3). P. 543. DOI: 10.1111/aab.12375.
4. Российский рынок овса – тенденции и прогнозы. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ab-centre.ru/news/rossiyskiy-rynok-ovsa---tendencii-i-prognozy> (дата обращения 09.08.2021).
5. Лучшие страны-производители овса. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.atlasbig.com/ru/страны-по-производству-овса> (дата обращения 09.08.2021).
6. Sundaram P. K., Mani I., Lande S. D., Parray R. A. Evaluation of urea ammonium nitrate application on the performance of wheat // *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci*. 2019. Vol. 8(01). P. 1956–1963. DOI: 10.20546/ijemas.2019.801.205.
7. Reginatto D. C., Silva J. A. G., Carbonera R., Menegassi C. A. B., Libardoni F., Kraisig A. R., Carvalho I. R., da Rosa J. A., Peter C. L., Basso N. C. F., Berlezi J. D., Porazzi F. U. Sustainable optimization of nitrogen uses in oat at sowing and top-dressing stages // *Australian Journal of Crop Science*. 2021. Vol. 15(1). P. 23–31. DOI: 10.21475/ajcs.21.15.01.2333.
8. Ladha J. K., Tirol-Padre A., Reddy C. K., Cassman K. G., Verma S., Powlson D. S., Pathak H. Global nitrogen budgets in cereals: a 50-year assessment for maize, rice and wheat production systems // *Sci. Rep*. 2016. No. 6. P. 1–9. DOI: 10.1038/srep19355.
9. Kizilgeci F., Yildirim M., Islam M. S., Ratnasekera D., Iqbal M. A., Sabagh A. E. Normalized difference vegetation index and chlorophyll content for precision nitrogen management in durum wheat cultivars under semi-arid conditions // *Sustainability*. 2021. Vol. 13. No. 3725. DOI: 10.3390/su13073725.
10. Brezolin A. P., Silva J. A. G., Roos-Frantz F. C., Binelo M. O., Valdiero A. C., Zimmer C. M., Mantai R. D., Marolli A., Scremin O. B., Mazurkiewicz G. The efficiency of wheat yields by nitrogen dose and fractionation // *Afr. J. Agric. Res*. 2016. Vol. 11. P. 3440–3449. DOI: 10.5897/AJAR2016.11249.
11. Sponchiado J., Souza C., Sangoi L., Coelho C., Stefen D. Late nitrogen topdressing increases nutritional and industrial quality of white oat (*Avena sativa*) grain // *Australian Journal of Crop Science*. 2020. Vol. 14(9). P. 1355–1361. DOI: 10.21475/ajcs.20.14.09. P. 1844.
12. Arenhardt E. G., Silva J. A. G., Gewehr E., Oliveira A. C., Binelo M. O., Valdiero A. C., Gzergorczyk M. E., Lima A. R. C. The nitrogen supply in wheat cultivation dependent on weather conditions and succession system in Southern Brazil // *Afr. J. Agric. Res*. 2015. Vol. 10. P. 4322–4330. DOI: 10.5897/AJAR2015.10038.
13. Kraisig A., Silva J., Carvalho I., Lautenchleger F., Mamann Â., Fachinnetto J., Pereira L., Basso N., Argenta C., Norbert L., Berlezi J. Time of nitrogen supply in yield and industrial quality of oat grains by agricultural condition // *Journal of Agricultural Studies*. 2020. Vol. 8(4). P. 128. DOI: 10.5296/jas.v8i4.17249.

14. Barbosa J. A., Faria R. T., Coelho A. P., Dalri A. B., Palaretti L. F. Nitrogen fertilization management in white oat using spectral indices // *Pesq. Agropec. Trop.* 2020. Vol. 50. Art. No. e64924. DOI: 10.1590/1983-40632020v5064924.
15. Singh V., Singh B., Singh Y., Thind H. S., Gupta R. K. Need based nitrogen management using the chlorophyll meter and leaf colour chart in rice and wheat in south Asia: a review // *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 2010. Vol. 88. P. 361–380. DOI: 10.1007/s10705-010-9363-7.
16. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Вып. 1, 2 // Под общ. ред. М. А. Федина. М.: Колос, 1985. 267 с.
17. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1973. 336 с.
18. Карбомидно-аммиачная смесь. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://spetshimagro.ru/products/dlya-selskogo-kozyajstva/zhku-chudozem/kas/> (дата обращения: 09.08.2021)
19. Lichtenthaler H. K., Buschmann C. Chlorophylls and carotenoids: measurement and characterization by UV-VIS spectroscopy // *Current protocols in food analytical chemistry*. 2001. F. 4.3.1-F. 4.3.8.
20. Ничипорович А. А. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах: методы и задачи учета в связи с формированием урожая. М.: АН СССР, 1961, 135 с.
21. Chen Y., Zhang Z., Tao F. Impacts of climate change and climate extremes on major crops productivity in China at a global warming of 1.5 and 2.0 °C // *Earth Syst. Dynam. Discuss.* 2018. Vol. 9. P. 543–562. DOI: 10.5194/esd-2017-99.
22. Raza A., Razzaq A., Mehmood S. S., Zou X., Zhang X., Lv Y., Xu J. Impact of climate change on crops adaptation and strategies to tackle its outcome: a review // *Plants*. 2019. Vol. 8(2). Art. No. 34. DOI: 10.3390/plants8020034.
23. Mantai R. D., Silva J. A. G., Sausen A. T. Z. R., Costa J. S. P., Fernandes S. B. V., Ubessi C. Efficiency in the production of biomass and oat grains by the use of nitrogen // *Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental*. 2015. Vol. 19. P. 343–349. DOI: 10.1590/1807-1929/agriambi.v19n4p343-349.
24. Silva J. A. G., Arenhardt E. G., Krüger C. A. M. B., Lucchese O. A., Metz M., Marolli A. The expression of the components of wheat yield by technological class and nitrogen use // *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. 2015. Vol. 19. P. 27–33. DOI: 10.1590/1807-1929/agriambi.v19n1p27-33.
25. Cover C., Federizzi L. C., Pacheco M. T. Phenotypic and genotypic characterization agronomic traits in a population of recombinant inbred lines of oats (*Avena sativa* L.) // *Ciência Rural*. 2011. Vol. 41. P. 573–579. DOI: 10.1590/S0103-84782011005000030.
26. Hawerth M. C., da Silva J. A. G., Gutkoski L. C., Arenhardt E. G., de Oliveira A. C., de Carvalho F. I. F. Correlations between chemistry components of caryopsis in oat genotypes cultivated in different environments // *African Journal of Agricultural Research*. 2015. Vol. 10(47). P. 4295–4305. DOI: 10.5897/AJAR2015.10079.
27. Irfan M., Ansar M., Sher A., Wasaya A., Sattar A. Improving forage yield and morphology of oat varieties through various row spacing and nitrogen application // *The Journal of Animal & Plant Sciences*. 2016. Vol. 26(6). P. 1718–1724
28. Mantai R. D., da Silva J. A. G., Arenhardt E. G., Sausen A. T. Z. R., Binello M. O., Bianchi V., da Silva D. R., Bandeira L. M. The dynamics of relation oat panicle with grain yield by nitrogen // *American Journal of Plant Sciences*. 2016. No. 7. P. 17–27. DOI: 10.4236/ajps.2016.71003.
29. Kurek A. J., Carvalho F. I. F., Cruz P. J., Lorencetti C., Cagynin A., Simioni D. Variability in fixed genotypes of white oats through morphologic traits // *Revista Brasileira de Agrociência*. 2002. Vol. 8. P. 13–17.
30. De K., Zhou Q., Liu W., Xu C., Wang D. Effects of nitrogen application on the yield and quality of oat in Qinghai-Tibet Plateau // *Chinese Journal of Grassland*. 2007. Vol. 29. P. 43–48.
31. Coelho A. P., Faria R. T., Barbosa A. M. S., Dalri A. B., Rosalen D. L. Agronomic performance of white oat cultivated under fertigation with treated sewage effluent and definition of critical limits of normalized difference vegetation index // *Bragantia*. 2019. Vol. 78(4). P. 553–563. DOI: 10.1590/1678-4499.20190082.
32. Silva J. A. G., Goi Neto C. J., Fernandes S. B., Mantai R. D., Scremin O. B., Pretto R. Nitrogen efficiency in oats on grain yield with stability // *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. 2016. Vol. 20(12). P. 1095–1100. DOI: 10.1590/1807-1929/agriambi.v20n12p1095-1100.
33. Ghosh M., Swain D. K., Jha M. K., Tewari V. K., Bohra A. Optimizing chlorophyll meter (SPAD) reading to allow efficient nitrogen use in rice and wheat under rice-wheat cropping system in eastern India // *Plant Production Science*. 2020. Vol. 23(3). P. 270–285. DOI: 10.1080/1343943X.2020.1717970.

References

1. Nwachukwu I. D., Devassy J. G., Aluko R. E., Jones P. J. H. Cholesterol-lowering properties of oat β -glucan and the promotion of cardiovascular health: did Health Canada make the right call? // *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*. 2015. Vol. 40. P. 535–542. DOI: 10.1139/apnm-2014-0410.
2. Schuster J., Beninca G., Vitorazzi R., Bosco S.M.D. Effects of oats on lipid profile, insulin resistance and weight loss // *Nutrición Hospitalaria*. 2015. Vol. 32. P. 2111–2116.

3. Gorash A., Armoniene R., Mitchell Fetch J., Liatukas Ž., Danyte V. Aspects in oat breeding: nutrition quality, nakedness and disease resistance, challenges and perspectives // *Annals of Applied Biology*. 2017. Vol. 171(3). P. 543. DOI: 10.1111/aab.12375.
4. Russian oat market – trends and forecasts. [Electronic resource]. Access point: <https://ab-centre.ru/news/rossiyskiy-rynok-ovsa---tendencii-i-prognozy> (reference's date 09.08.2021).
5. The best oat producing countries. [Electronic resource]. Access point: <https://www.atlasbig.com/ru/страны-по-производству-овса> (reference's date 09.08.2021)
6. Sundaram P. K., Mani I., Lande S. D., Parray R. A. Evaluation of urea ammonium nitrate application on the performance of wheat // *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.* 2019. Vol. 8(01). P. 1956–1963. DOI: 10.20546/ijemas.2019.801.205.
7. Reginatto D. C., Silva J. A. G., Carbonera R., Menegassi C. A. B., Libardoni F., Kraisig A. R., Carvalho I. R., da Rosa J. A., Peter C. L., Basso N. C. F., Berlezi J. D., Porazzi F. U. Sustainable optimization of nitrogen uses in oat at sowing and top-dressing stages // *Australian Journal of Crop Science*. 2021. Vol. 15(1). P. 23–31. DOI: 10.21475/ajcs.21.15.01.2333.
8. Ladha J. K., Tirol-Padre A., Reddy C. K., Cassman K. G., Verma S., Powlson D. S., Pathak H. Global nitrogen budgets in cereals: a 50-year assessment for maize, rice and wheat production systems // *Sci. Rep.* 2016. No. 6. P. 1–9. DOI: 10.1038/srep19355.
9. Kizilgeci F., Yildirim M., Islam M. S., Ratnasekera D., Iqbal M. A., Sabagh A. E. Normalized difference vegetation index and chlorophyll content for precision nitrogen management in durum wheat cultivars under semi-arid conditions // *Sustainability*. 2021. Vol. 13. No. 3725. DOI: 10.3390/su13073725.
10. Brezolin A. P., Silva J. A. G., Roos-Frantz F. C., Binelo M. O., Valdiero A. C., Zimmer C. M., Mantai R. D., Marolli A., Scremin O. B., Mazurkiewicz G. The efficiency of wheat yields by nitrogen dose and fractionation // *Afr. J. Agric. Res.* 2016. Vol. 11. P. 3440–3449. DOI: 10.5897/AJAR2016.11249.
11. Sponchiado J., Souza C., Sangoi L., Coelho C., Stefen D. Late nitrogen topdressing increases nutritional and industrial quality of white oat (*Avena sativa*) grain // *Australian Journal of Crop Science*. 2020. Vol. 14(9). P. 1355–1361. DOI: 10.21475/ajcs.20.14.09. P.1844.
12. Arenhardt E. G., Silva J. A. G., Gewehr E., Oliveira A. C., Binelo M. O., Valdiero A. C., Gzregorczick M. E., Lima A. R. C. The nitrogen supply in wheat cultivation dependent on weather conditions and succession system in Southern Brazil // *Afr. J. Agric. Res.* 2015. Vol. 10. P. 4322–4330. DOI: 10.5897/AJAR2015.10038.
13. Kraisig A., Silva J., Carvalho I., Lautenchleger F., Mamann Â., Fachinnetto J., Pereira L., Basso N., Argenta C., Norbert L., Berlezi J. Time of nitrogen supply in yield and industrial quality of oat grains by agricultural condition // *Journal of Agricultural Studies*. 2020. Vol. 8(4). P. 128. DOI: 10.5296/jas.v8i4.17249.
14. Barbosa J. A., Faria R. T., Coelho A. P., Dalri A. B., Palaretti L. F. Nitrogen fertilization management in white oat using spectral indices // *Pesq. Agropec. Trop.* 2020. Vol. 50. Art. No. e64924. DOI: 10.1590/1983-40632020v5064924.
15. Singh V., Singh B., Singh Y., Thind H. S., Gupta R. K. Need based nitrogen management using the chlorophyll meter and leaf colour chart in rice and wheat in south Asia: a review // *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 2010. Vol. 88. P. 361–380. DOI: 10.1007/s10705-010-9363-7.
16. Methods of State varietal test of agricultural crops. Iss. 1, 2 // Ed. by M. A. Fedin. Moscow: Kolos, 1985. 267 p.
17. Dospekhov B. A. Methods of field research. Moscow: Kolos, 1973. 336 p.
18. Urea-ammonium nitrate (UAN). [Electronic resource]. Access point: <http://spetshimagro.ru/products/dlya-selskogo-xozyajstva/zhku-chudozem/kas/> (reference's date 09.08.2021)
19. Lichtenthaler H. K., Buschmann C. Chlorophylls and carotenoids: measurement and characterization by UV-VIS spectroscopy // *Current protocols in food analytical chemistry*. 2001. F. 4.3.1-F. 4.3.8.
20. Nichiporovich A. A. Photosynthetic activity of plants in crops: methods and tasks of accounting in connection with the formation of crops. Moscow: USSR Academy of Sciences Publ., 1961. 135 p.
21. Chen Y., Zhang Z., Tao F. Impacts of climate change and climate extremes on major crops productivity in China at a global warming of 1.5 and 2.0 °C // *Earth Syst. Dynam. Discuss.* 2018. Vol. 9. P. 543–562. DOI: 10.5194/esd-2017-99.
22. Raza A., Razzaq A., Mehmood S. S., Zou X., Zhang X., Lv Y., Xu J. Impact of climate change on crops adaptation and strategies to tackle its outcome: a review // *Plants*. 2019. Vol. 8(2). Art. No. 34. DOI: 10.3390/plants8020034.
23. Mantai R. D., Silva J. A. G., Sausen A. T. Z. R., Costa J. S. P., Fernandes S. B. V., Ubessi C. Efficiency in the production of biomass and oat grains by the use of nitrogen // *Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental*. 2015. Vol. 19. P. 343–349. DOI: 10.1590/1807-1929/agriambi.v19n4p343-349.
24. Silva J. A. G., Arenhardt E. G., Krüger C. A. M. B., Lucchese O. A., Metz M., Marolli A. The expression of the components of wheat yield by technological class and nitrogen use // *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. 2015. Vol. 19. P. 27–33. DOI: 10.1590/1807-1929/agriambi.v19n1p27-33.

25. Cover C., Federizzi L. C., Pacheco M. T. Phenotypic and genotypic characterization agronomic traits in a population of recombinant inbred lines of oats (*Avena sativa* L.) // *Ciência Rural*. 2011. Vol. 41. P. 573–579. DOI: 10.1590/S0103-84782011005000030.
26. Hawerth M. C., da Silva J. A. G., Gutkoski L. C., Arenhardt E. G., de Oliveira A. C., de Carvalho F. I. F. Correlations between chemistry components of caryopsis in oat genotypes cultivated in different environments // *African Journal of Agricultural Research*. 2015. Vol. 10(47). P. 4295–4305. DOI: 10.5897/AJAR2015.10079.
27. Irfan M., Ansar M., Sher A., Wasaya A., Sattar A. Improving forage yield and morphology of oat varieties through various row spacing and nitrogen application // *The Journal of Animal & Plant Sciences*. 2016. Vol. 26(6). P. 1718–1724
28. Mantai R. D., da Silva J. A. G., Arenhardt E. G., Sausen A. T. Z. R., Binello M. O., Bianchi V., da Silva D. R., Bandeira L. M. The dynamics of relation oat panicle with grain yield by nitrogen // *American Journal of Plant Sciences*. 2016. No. 7. P. 17–27. DOI: 10.4236/ajps.2016.71003.
29. Kurek A. J., Carvalho F. I. F., Cruz P. J., Lorencetti C., Cagynin A., Simioni D. Variability in fixed genotypes of white oats through morphologic traits // *Revista Brasileira de Agrociência*. 2002. Vol. 8. P. 13–17.
30. De K., Zhou Q., Liu W., Xu C., Wang D. Effects of nitrogen application on the yield and quality of oat in Qinghai-Tibet Plateau // *Chinese Journal of Grassland*. 2007. Vol. 29. P. 43–48.
31. Coelho A. P., Faria R. T., Barbosa A. M. S., Dalri A. B., Rosalen D. L. Agronomic performance of white oat cultivated under fertigation with treated sewage effluent and definition of critical limits of normalized difference vegetation index // *Bragantia*. 2019. Vol. 78(4). P. 553–563. DOI: 10.1590/1678-4499.20190082.
32. Silva J. A. G., Goi Neto C. J., Fernandes S. B., Mantai R. D., Scremin O. B., Pretto R. Nitrogen efficiency in oats on grain yield with stability // *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. 2016. Vol. 20(12). P. 1095–1100. DOI: 10.1590/1807-1929/agriambi.v20n12p1095-1100.
33. Ghosh M., Swain D. K., Jha M. K., Tewari V. K., Bohra A. Optimizing chlorophyll meter (SPAD) reading to allow efficient nitrogen use in rice and wheat under rice-wheat cropping system in eastern India // *Plant Production Science*. 2020. Vol. 23(3). P. 270–285. DOI: 10.1080/1343943X.2020.1717970.

UDC 633.13:631.84:547.979.7

Batalova G. A., Lisitsyn E. M., Vologzhanina E. N., Zhuravleva G. P.

EFFECT OF TIMING AND DOSAGE OF “KAS 28” APPLICATION ON OAT PLANTS DEVELOPMENT

Summary. *To determine the optimal options for using fertilizer “KAS 28” when growing hulled (covered) oat cv. ‘Kirovsky 2’, the following options were investigated: 1 – control (no fertilizer); 2 – “KAS 28” in the recommended dose (35 l/ha) at the tillering stage; 3 – crops treatment with “KAS 28” – 60 % of the recommended dose (21 l/ha) at the tillering stage; 4 – “KAS 28” in the recommended dose at the beginning of stem elongation stage; 5 – crops treatment with “KAS 28” – 60% of the recommended dose at the beginning of stem elongation stage. The studies were carried out in 2019-2020. Over the year of research, the average yield varied from 5.52 t/ha in option 3 (at control level) to 6.59 t/ha in option 5 (16.0 % over control). Variants 2 and 4 exceeded control by 0.49 and 0.50 t/ha (8.8 %), respectively. Treatment with a reduced dose of fertilizer in the tillering stage reduced yield by 0.65 t/ha (10.6 %), at the beginning of stem elongation stage, on the contrary, increased it by 0.41 t/ha (6.6 %). “KAS 28” application led to an increase in the panicle length by 3.5–5.3 % compared to control (16.9 cm), the number of grains per panicle by 5.3-12.0 % (48 pcs in the control variant), the grain weight per panicle by 5.6-23.4 % (control – 1.78 g). Generally, the application of a reduced dose of fertilizer was less efficient. However, fertilizer dose decrease led to a statistically significant increase in 1000-grain weight indicator (by 0.55–1.61 g or 1.4–4.1 %). To increase the yield of oat cv. ‘Kirovsky 2’ and reduce the anthropogenic load on the agroecosystem, we offer to carry out topdressing at the stem elongation stage with the fertilizer “KAS 28” at a dose of 21 l/ha.*

Keywords: *oat (*Avena sativa* L.), nitrogen nutrition, topdressing, carotenoids, volume weight, filmness, net productivity of photosynthesis, chlorophyll.*

Баталова Галина Аркадьевна, доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН, заместитель директора, ФГНБУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого»; г. Киров, ул. Ленина, 166а, 610007, Россия; e-mail: g.batalova@mail.ru.

Лисицын Евгений Михайлович, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник, ФГНБУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», г. Киров, ул. Ленина, 166а, 610007, Россия; e-mail: edaphic@mail.ru.

Вологжанина Елена Николаевна, кандидат сельскохозяйственных наук, ФГНБУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого»; г. Киров, ул. Ленина, 166а, 610007, Россия; e-mail: helen.vol@list.ru.

Журавлёва Галина Павловна, младший научный сотрудник, ФГНБУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого»; г. Киров, ул. Ленина, 166а, 610007, Россия; e-mail: edaphic@mail.ru.

Batalova Galina Arkadievna, Dr. Sc. (Agr.), member of the RAS, deputy director, FSBSI “Federal Agricultural Research Center of the North-East named after N. V. Rudnitsky”; 166 a, Lenina str., Kirov, 610007, Russia; e-mail: g.batalova@mail.ru.

Lisitsyn Eugeny Mikhailovich, Dr. Sc. (Biol.), leading researcher, FSBSI “Federal Agricultural Research Center of the North-East named after N. V. Rudnitsky”; 166 a, Lenina str., Kirov, 610007, Russia; e-mail: edaphic@mail.ru.

Vologzhanina Elena Nikolaevna, Cand. Sc. (Agr.), researcher, FSBSI “Federal Agricultural Research Center of the North-East named after N. V. Rudnitsky”; 166 a, Lenina str., Kirov, 610007, Russia; e-mail: helen.vol@list.ru.

Zuravleva Galina Pavlovna, junior researcher, FSBSI “Federal Agricultural Research Center of the North-East named after N. V. Rudnitsky”; 166 a, Lenina str., Kirov, 610007, Russia; e-mail: edaphic@mail.ru.

Дата поступления в редакцию – 25.10.2021.

Дата принятия к печати – 11.11.2021.