

Генотипические различия реакции пигментного комплекса листьев ярового ячменя на некорневую подкормку азотом

© 2026. Е. Н. Носкова[✉], Е. М. Лисицын

ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», г. Киров, Российская Федерация

Цель работы – выявить сортовые отличия в реакции пигментного комплекса листьев растений ячменя на некорневую обработку азотосодержащими препаратами. Исследования (2020–2023 гг.) проводили в полевом опыте на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве в условиях Кировской области. Изучали влияние препаратов КАС 28 (N 360 г/л) и Полидон Амино Старт (N 130 г/л) на накопление пигментов в двух верхних листьях растений сортов ячменя Новичок, Памяти Родины и Родник Прикамья. Выяснено, что в зависимости от условий выращивания и генотипа растений некорневые обработки изучаемыми препаратами могут значительно изменять содержание в листьях зеленых и желтых пигментов (Chl a – 67–111 %; Chl b – 83–118 %; каротиноиды – 83–118 % относительно контроля без обработки). Из 72 вариантов опыта (3 сорта, 2 обработки, 4 года, 3 типа пигментов) изменения отмечены в 56 – для флагового листа и в 19 вариантах – для подфлагового. При значительной разнице в содержании азота в примененных препаратах, различие по содержанию хлорофилла составляло всего несколько процентов. Так, в 2020 г. у сорта Новичок содержание Chl a во флаговом листе увеличилось на 8 % при обработке КАС 28 и на 6 % – Амино Старт; в 2022 г. КАС 28 повысил содержание Chl a во флаговом листе сорта Родник Прикамья на 8 %, а Амино Старт снизил на 4 % относительно контроля. У сорта Памяти Родины в 2020 г. отмечен отрицательный эффект КАС 28 (-6 % от контроля) и положительный – для Амино Старт (+5 % к контролю). Условия одного и того же года могут усилить действие препаратов на накопление пигментов у одного сорта, но снизить у другого. В 2020 и 2022 гг. КАС 28 повышал содержание Chl a во флаговых листьях у сортов Новичок (на 8,3–10,4 %) и Родник Прикамья (на 7,9–9,1 %), но снижал у Памяти Родины (на 6,2–10,5 %); Амино Старт в 2020 г. увеличил содержание Chl b во флаговом листе сортов Новичок и Памяти Родины (на 10,7–11,7 %), но снизил у сорта Родник Прикамья (на 9,6 %). В целом, эффект некорневой обработки азотсодержащими препаратами на содержание листовых пигментов во флаговом листе определяется как поздними условиями вегетации (от 14,5 до 41,7 %), так и генотипом сорта (от 1,5 до 14,0 %). В отношении накопления фотосинтетических пигментов для сорта Новичок эффективно применение некорневой обработки обоими препаратами (особенно в неблагоприятных погодных условиях фазы цветения), для Родник Прикамья – препаратом КАС 28, Памяти Родины – Амино Старт.

Ключевые слова: *Hordeum vulgare* L., карбамидно-аммиачная смесь, Полидон Амино Старт, флаговый лист, подфлаговый лист, хлорофилл, каротиноиды

Благодарности: работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках государственного задания ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого» (тема № FNWE-2025-0005).

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Носкова Е. Н., Лисицын Е. М. Генотипические различия реакции пигментного комплекса листьев ярового ячменя на некорневую подкормку азотом. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2026;27(1):117–128. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2026.27.1.117-128>

Поступила: 21.07.2025

Принята к публикации: 13.02.2026

Опубликована онлайн: 27.02.2026

Genotypic differences in the response of spring barley leaf pigment complex to foliar nitrogen application

© 2026. Eugeniya N. Noskova[✉], Eugene M. Lisitsyn

Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, Kirov, Russian Federation

The purpose of the work is to identify varietal differences in the response of the pigment complex of barley plant leaves to top-dressing with nitrogen-containing preparations. The research was carried out in 2020–2023 in the field experiment on sod-podzolic medium-loamy soil in the conditions of the Kirov region. The effect of nitrogen-containing preparations CAS 28 (N 360 g/l) and Polydon Amino Start (N 130 g/l) on the accumulation of pigments in two upper leaves of plants of ‘Novichok’, ‘Rodnik Prikamya’, and ‘Pamyaty Rodinoy’ cultivars was studied. It was found that foliar treatments with the studied preparations can significantly change the content of green and yellow leaf pigments depending on the growing conditions and specific plant genotype (Chl a – 67–111%; Chl b – 83–118 %; carotenoids – 80–128 % relative to the control without treatment). Of 72 test variants (3 cultivars, 2 treatments, 4 years, 3 types of pigments), changes were noted in 56 variants for the flag leaf, but only in 19 variants for the second leaf. With the significant difference in the nitrogen content of the preparations used, the difference in their effect on the chlorophyll content was only a few percent. So, in 2020 for the ‘Novichok’ cultivar the content of Chl a in a flag leaf increased by 8 % under the use of CAS 28 and by 6 % with Amino Start. In 2022 CAS 28 increased the Chl a content in the flag leaf of the ‘Rodnik Prikamya’ cultivar by 8 %, but Amino Start decreased it by 4 % relative to the control. For ‘Pamyaty Rodinoy’ cultivar in 2020, a negative effect of CAS 28 (-6 % of the control) and a positive effect for

Amino Start (+5 % of the control) were noted. The conditions of one and the same year can increase the effect of preparations on the accumulation of pigments for one cultivar, but reduce it for another. In 2020 and 2022 CAS 28 increased the content of Chl a in flag leaves of the cv. 'Novichok' (by 8.3–10.4 %) and 'Rodnik Prikamya' (by 7.9–9.1 %), but reduced in cv. 'Pamyaty Rodinoy' (by 6.2–10.5 %); Amino Start in 2020 increased the content of Chl b in flag leaves of the cv. 'Novichok' and 'Pamyaty Rodinoy' (by 10.7–11.7 %), but reduced it the cv. 'Rodnik Prikamya' (by 9.6 %). In general, the effect of foliar treatment with nitrogen-containing preparations on the content of flag leaf pigments was determined both by the weather conditions of vegetation (from 14.5 to 41.7 %) and by the genotype of the cultivar (from 1.5 to 14.0 %). With regard to the accumulation of photosynthetic pigments for the cv. 'Novichok', the use of top-dressing with both preparations is effective (especially in adverse weather conditions at the flowering phase), with CAS 28 for cv. 'Rodnik Prikamya', with Amino Start for cv. 'Pamyaty Rodinoy'.

Keywords: *Hordeum vulgare* L. carbamide-ammonia mixture, Polydon Amino Start, flag leaf, second leaf, chlorophyll, carotenoids

Acknowledgements: the research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher of the Russian Federation within the state assignment of the Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky (theme No. FNWE-2025-0005).

The authors thank the reviewers for their contribution to the expert assessment of this work.

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interests.

For citation: Noskova E. N., Lisitsyn E. M. Genotypic differences in the response of spring barley leaf pigment complex to foliar nitrogen application. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2026;27(1):117–128. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2026.27.1.117-128>

Received: 21.07.2025

Accepted for publication: 13.02.2026

Published online: 27.02.2026

Азот является одним из наиболее важных химических элементов питания растений, играющим главную роль в повышении урожайности сельскохозяйственных культур [1]. Недостаток азота в растениях приводит к хлорозу листьев, медленному росту, уменьшению размеров тканей и раннему старению, что в сумме проявляется в снижении биомассы и урожая [2]. Для повышения эффективности азотных удобрений, синхронизации их внесения с потребностями растений и снижения нагрузки на экосистемы обычной практикой стало дробное внесение – под предпосевную культивацию и в виде некорневых подкормок по фазам развития культуры. Так, для риса принято вносить базово 30 % азота, в фазу кущения – 35 %, в фазу выметывания – еще 35 %; для кукурузы и пшеницы практикуют двух- трехкратное внесение [3]. При выращивании растений ячменя (*Hordeum vulgare* L.) [4] не обнаружили статистически значимых отличий в сборе урожая между двух-, трех- и четырехкратным внесением азота, что может свидетельствовать о достаточности развития всей дозы азота на два периода внесения (предпосевное и в фазу кущения). Такого же мнения придерживаются и другие исследователи, работающие с ячменем. Например [5], отмечали, что максимальное содержание азота в растениях ячменя на стадии кущения указывает на то, что эта сельскохозяйственная культура нуждается в большей части своей потребности в азоте именно на этой стадии. Кроме того, применение азотных подкормок в фазу кущения ячменя способствует более длительному периоду роста [4].

Поступая в листья, приблизительно 80 % азота накапливается хлоропластами в клетках паренхимы мезофилла. В самих хлоропластах около 50 % этого азота включается в хлорофилл-белковые комплексы, участвующие в сборе солнечного света, соответственно, содержание хлорофилла в листьях прямо коррелирует с азотным статусом растений [6]. Количественные показатели развития ассимиляционного аппарата (площадь листовой поверхности, ее масса и степень насыщения хлорофиллом) являются определяющими факторами высокой продуктивности зерновых культур. Как отмечают [7, 8], концентрация зеленых пигментов в листьях определяет ассимиляцию углекислого газа и объем пластических веществ, формирующих зерно.

В связи с этим, когда необходимо скорректировать питание сельскохозяйственных культур, различные методы оценки азотного состояния растений, такие как определение содержания хлорофилла в листьях, представляют собой удобный и практичный способ оценки как физиологического состояния растений, так и их потребности в азоте [9, 10].

Цель исследований – выявить сортовые отличия в реакции пигментного комплекса листьев растений ячменя на некорневую обработку азотосодержащими препаратами.

Научная новизна: впервые в доступной нам научной литературе показано статистически значимое влияние генотипа растений на направление и уровень реакции пигментной системы листьев на дополнительное внесение азота; выявлено слабое воздействие азотной подкормки на накопление пигментов листьями ярового ячменя.

Материал и методы. Исследования проводили в ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока в 2020–2023 гг. в полевом опыте на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве, сформированной на элювии пермских глин. Пахотный слой почвы опытного участка характеризовался среднекислой реакцией среды – $pH_{\text{сол}}$ 4,59–5,00, содержанием подвижного фосфора – 148,0–157,0 мг/кг почвы и подвижного калия – 127,0–140,0 мг/кг почвы (по методу Кирсанова), гумуса – 1,74–2,00 % (по методу Тюрина). Изучали сорта ярового ячменя селекции ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока: Новичок, Родник Прикамья и Памяти Родиной. Под предпосевную культивацию внесены минеральные удобрения NPKS (25 : 4 : 4 : 2) (АО «ОХК «УРАЛХИМ») в дозе 3 ц/га. В фазе кущения ярового ячменя (20–31 мая) проводили обработку посевов жидким минеральным удобрением КАС 28¹ («СпецХимАгро», г. Кирово-Чепецк, Кировская обл.) (суммарное содержание N 360 г/л) в дозе 30 л/га и органоминеральным удобрением Полидон Амино Старт² («ПОЛИДОН® Агро», Москва) (содержание N 130 г/л) в дозе

1 л/га. Площадь делянки 15 м², повторность 4-кратная.

В фазу цветения (8–12 июля) в утренние часы отбирали пробы флаговых и подфлаговых листьев каждого сорта (25 листьев в 4-кратной повторности). Пигменты извлекали в лабораторных условиях в 3-кратной аналитической повторности (масса навески около 0,1 г) 100 %-м ацетоном в соответствии с протоколом [11]. Для предотвращения феофитинизации хлорофилла использовали небольшое количество MgCO₃. Далее в экстрактах оценивали содержание пластидных пигментов (хлорофиллов *a* и *b*, обозначаемых в тексте как *Chl a*, *Chl b*, и каротиноидов) по методике [12] с использованием спектрофотометра UVmini-1240 (SHIMADZU Corporation, Japan) при длинах волн 470, 644,8 и 661,6 нм. Содержание пигментов выражали в мг/г сухой массы растений.

В таблице 1 представлены данные о погодных условиях вегетационных сезонов 2020–2023 гг. на опытных полях ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока (г. Киров).

Таблица 1 – Погодные условия вегетации ярового ячменя (Киров, 2020–2023 гг.) /
Table 1 – Weather conditions of spring barley vegetation (Kirov, 2020–2023)

Год / Year	Температура воздуха, °C / Air temperature, °C	Отклонение от средне- многолетней нормы, мм / Deviation from the average long-term norm, mm	Количество осадков, мм / Precipitation, mm	Процент от среднемного- летней нормы / Percent of the average long-term norm
Май / May				
2020	12,2	+0,9	89	154
2021	15,0	+3,1	58	100
2022	8,5	-2,7	53	90
2023	13,8	+1,9	46	85
Июнь / June				
2020	15,3	-1,2	41	47
2021	19,9	+3,5	63	72
2022	16,0	-0,5	117	134
2023	14,1	-2,3	29	37
Июль / July				
2020	20,5	+1,6	100	110
2021	19,2	+0,3	92	101
2022	19,9	+1,0	53,9	59
2023	18,7	-0,2	180	220
Август / August				
2020	15,1	-0,5	61	73
2021	18,8	+2,9	38	46
2022	20,0	+4,1	18	22
2023	17,4	+1,5	16	21

¹КАС (Карбамидно-аммиачная смесь). N 28%. СпецХимАгро – официальный сайт. [Электронный ресурс]. URL: <https://spetshimagro.ru/product/kas-karbamidno-ammiachnaya-smes/?ysclid=mlj7f4u6b48323480> (дата обращения: 01.07.2025).

²Комплексные удобрения с аминокислотами. ПОЛИДОН® Амино Старт. Премьер-Агро – официальный сайт. [Электронный ресурс]. URL: <https://pr-agro.ru/catalog/polidon-amino-start/> (дата обращения: 01.07.2025).

Для статистической обработки данных использовали методы описательной статистики в программе Microsoft Office Excel 2013 и трехфакторного дисперсионного анализа в пакете статистических программ Agros 2.05. Статистическую значимость отличий между сравниваемыми показателями оценивали при уровне $p \leq 0,05$.

Таблица 2 – Абсолютное содержание пигментов в листьях растений ярового ячменя контрольного варианта (мг/г сухой массы) /

Table 2 – Absolute pigment content in leaves of spring barley plants of the control variant (mg/g dry weight)

Год / Year	Новичок / 'Novichok'	Родник Прикамья / 'Rodnik Prikamya'	Памяти Родины / 'Pamyaty Rodinoy'
<i>Chl a</i>			
2020	5,57±0,03 / 6,13±0,07*	6,70±0,45 / 8,03±0,35	6,72±0,49 / 7,60±0,10
2021	11,45±0,69 / 11,04±0,11	10,77±0,22 / 11,44±0,25	9,91±0,47 / 11,05±0,19
2022	10,09±0,18 / 12,58±0,28	8,46±0,20 / 11,49±0,04	9,45±0,26 / 10,62±0,13
2023	8,95±0,33 / 11,44±0,11	9,04±0,21 / 11,39±0,13	7,97±0,27 / 8,91±0,18
<i>Chl b</i>			
2020	3,67±0,05 / 4,09±0,05	4,80±0,26 / 5,39±0,26	4,03±0,19 / 4,97±0,06
2021	5,97±0,03 / 6,46±0,15	5,93±0,12 / 6,53±0,13	5,50±0,33 / 6,28±0,28
2022	5,22±0,09 / 6,53±0,35	4,29±0,21 / 6,21±0,05	4,64±0,26 / 5,09±0,13
2023	4,44±0,25 / 5,27±0,25	4,42±0,29 / 5,56±0,34	3,66±0,29 / 3,99±0,21
<i>Каротиноиды / Carotenoids</i>			
2020	1,37±0,01 / 1,46±0,02	1,90±0,16 / 1,97±0,07	1,95±0,18 / 1,93±0,06
2021	3,24±0,29 / 2,92±0,05	3,01±0,11 / 3,08±0,13	2,83±0,08 / 2,96±0,08
2022	2,89±0,04 / 3,44±0,04	2,49±0,16 / 3,09±0,01	2,87±0,11 / 3,17±0,06
2023	2,64±0,10 / 3,40±0,08	2,62±0,08 / 3,32±0,05	2,55±0,05 / 2,70±0,04

* Флаговый лист/подфлаговый лист / *Flag leaf/second leaf

Условия года вегетации оказали основное влияние на изменчивость содержания хлорофиллов в листьях исследуемых сортов ячменя. Значительно более низкие показатели содержания *Chl a* в условиях 2020 г. могут быть объяснены более низкими температурами в течение 3-4 дней до момента взятия проб (средняя температура воздуха 10–12 °С). В условиях 2021–2023 гг. средняя температура воздуха в аналогичный период составила 18–27 °С, т. е. была значительно более благоприятной для накопления хлорофиллов.

Поэтому анализ относительных величин содержания пигментов (в процентах к контрольным вариантам) вместо абсолютных позволяет более корректно проводить сравнение эффективности воздействия препаратов на растения изучаемых сортов в различных условиях вегетации.

Примененные препараты для некорневой подкормки оказали значимое влияние на отно-

Результаты и их обсуждение. Абсолютное содержание пигментов в листьях растений ярового ячменя значительно варьировало в зависимости от генотипических особенностей сортов и погодных условий лет выращивания, что можно видеть на примере данных, полученных в контрольном варианте опыта без обработок (табл. 2).

сительное содержание пигментов во флаговых листьях сортов ячменя (табл. 3).

Так, отмечено положительное влияние препарата КАС на изменение содержания *Chl a* у растений сорта Родник Прикамья (повышение на 7,9–11,2 %), отрицательное – у Памяти Родины (снижение на 6,2–12,5 %); в основном положительное – у сорта Новичок (повышение на 4,0–10,4 % в три года из четырех, однако снижение на 20,2 % в 2021 г.).

Препарат Амино Старт не оказал значимого влияния на содержание *Chl a* у растений сорта Родник Прикамья, за исключением 2022 г. (снижение на 5,8 %). Реакция сортов Новичок и Памяти Родины на препарат была очень схожа – в 2020 г. отмечено повышение содержания *Chl a* на 4,9–6,3 %, в 2021 и 2022 гг. – снижение на 5,7–14,6 %. В 2023 г. препарат не оказал влияния ни на один из сортов.

Существенным было влияние препаратов на изменение содержания другого пигмента – *Chl b* (табл. 4).

Таблица 3 – Влияние некорневой обработки азотсодержащими препаратами на относительное содержание *Chl a* во флаговых листьях сортов ячменя (% к контролю без обработки) /

Table 3 – Effect of foliar treatment with nitrogen-containing products on the relative content of *Chl a* in flag leaves of barley cultivars (% of untreated control)

Препарат / Preparation	Год / Year	Новичок / 'Novichok'	Родник Прикамья / 'Rodnik Prikamya'	Памяти Родины / 'Pamyaty Rodinoy'
КАС 28 / CAS 28	2020	108,3*	109,1*	93,8*
	2021	79,8*	100,6	87,5*
	2022	110,4*	107,9*	89,5*
	2023	104,0*	111,2*	103,1
Амино Старт / Amino Start	2020	106,3*	98,2	104,9*
	2021	86,0*	99,1	85,4*
	2022	94,3*	96,2*	92,2*
	2023	100,8	101,3	102,8

Примечания: КАС 28 – карбамидно-аммиачная смесь, N 360 г/л, доза 30 л/га; Амино Старт – 130 г/л, доза 1 л/га; *Величина признака статистически значимо отличается от контроля при $p \leq 0,05$ /

Notes: CAS 28 – carbamide-ammiachnaya mixture, N 360 g/l, dose 30 l/ha; Amino Start – 130 g/l, dose 1 l/ha; * The value of the sign is statistically significantly different from the control at $p \leq 0.05$ /

Таблица 4 – Влияние некорневой обработки азотсодержащими препаратами на относительное содержание *Chl b* во флаговых листьях сортов ячменя (% к контролю без обработки) /

Table 4 – Effect of foliar treatment with nitrogen-containing products on the relative content of *Chl b* in flag leaves of barley plants (% of untreated control)

Препарат / Preparation	Год / Year	Новичок / 'Novichok'	Родник Прикамья / 'Rodnik Prikamya'	Памяти Родины / 'Pamyaty Rodinoy'
КАС 28 / CAS 28	2020	118,3*	95,6*	96,0
	2021	84,4*	105,8*	86,3*
	2022	105,3*	110,0*	90,1*
	2023	96,9	109,5*	95,6*
Амино Старт / Amino Start	2020	111,7*	90,4*	110,7*
	2021	94,6*	101,3	89,4*
	2022	86,9*	90,4*	93,1*
	2023	90,5*	89,4*	96,0

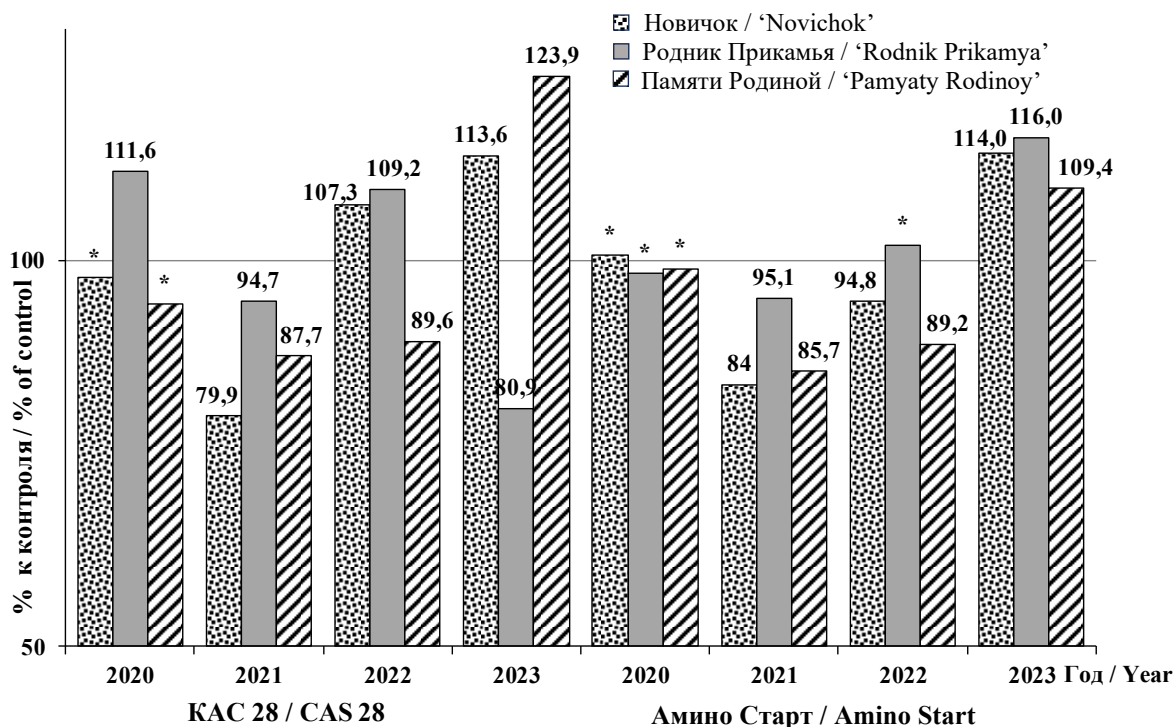
Примечания: см. табл. 3 / Notes: see table 3

Препарат КАС 28 в 2020 и 2023 гг. оказал разное влияние на изучаемые сорта – усилил синтез пигмента *Chl b* у одного сорта, ослабил у другого, и не повлиял на третий. В 2021 г. совпали реакции сортов Новичок и Памяти Родины (снижение на 13,7–15,6 %), в отличие от Родник Прикамья (повышение на 5,8 %); в 2022 г. – сортов Новичок и Родник Прикамья (повышение на 5,3–10,0 %), Памяти Родины показал противоположную реакцию (снижение на 4,4 %).

Препарат Амино Старт проявил в целом отрицательное влияние на относительное содержание *Chl b*. Статистически значимый положительный эффект препарата выявлен только в 2020 г. на сортах Новичок и Памяти Родины

(прибавка к контролю – 10,7–11,7 %), тогда как на растения Родник Прикамья препарат произвел негативное воздействие (снижение на 9,6 %). В 2022 г. препарат оказал отрицательное влияние на все три сорта – снижение показателей составило 6,9–13,0 %. В 2021 и 2023 гг. эффект либо отсутствовал, либо был отрицательным.

Совпадение реакции по относительному содержанию каротиноидов во флаговом листе трех сортов ячменя на некорневую обработку отмечено для препарата Амино Старт: отсутствие эффекта в 2020 г., снижение содержания пигмента в 2021 и 2022 гг. (на 4,9–16,0 %) и повышение в 2023 г. (на 9,4–16,0 %) (рис. 1).



* Отличия от контроля статистически незначимы / * Statistically insignificant differences from the control

Рис. 1. Влияние некорневой обработки азотсодержащими препаратами на относительное содержание каротиноидов во флаговых листьях сортов ячменя (% к контролю без обработки) /

Fig. 1. Effect of foliar treatment with nitrogen-containing products on relative carotenoid content in flag leaves of barley cultivars (% of untreated control)

Для препарата КАС 28 такое совпадение сортовой реакции было отмечено только в 2021 г. – все сорта снизили содержание каротиноидов на 5,3–20,1 %. В остальные годы реакция сортов была различной.

Проведенный трехфакторный дисперсионный анализ влияния факторов «год», «обработка» и «сорт» на относительное содержание пигментов во флаговых листьях ячменя показал, что эффект фактора «обработка» статистически значимо проявился в отношении зеленых пигментов (*Chl a* и *Chl b* соответственно 3,2 и 3,9 %), но не для желтых (каротиноидов). Доля влияния фактора «сорт» для *Chl a* составила 14,0 %, *Chl b* – 3,5 %, каротиноидов – 1,5 %. Фактор «год» наименее сильно повлиял на изменение содержания *Chl b* (14,5 %), доля влияния на остальные пигменты была примерно равной (41,6–41,7 %). Отмечено статистически значимое взаимодействие факторов «сорт» и «обработка», которое сильнее всего проявилось для *Chl b* (3,9 %). Это свидетельствует о том, что эффективность препарата в плане накопления листовых пигментов значимо зависит от конкретного генотипа растений.

Наиболее сильное воздействие препараты некорневого питания оказали на содер-

жание *Chl a* в подфлаговых листьях сорта Новичок. Препарат Амино Старт в 2020 г. обеспечил прирост содержания пигмента на 9,3 % по сравнению с контролем без обработки, в остальные годы (2021–2023) отмечено его отрицательное влияние, снижение составило от 5,4 до 13,7 % (табл. 5). Препарат КАС 28 в 2020 г. также способствовал усилению накопления пигмента до 106,2 % от уровня контроля, однако в 2022 и 2023 гг. под его воздействием накопление пигмента снизилось на 3,6–6,6 %.

На относительное содержание пигмента *Chl a* в листьях сорта Родник Прикамья статистически значимое влияние оказал только препарат КАС 28 в 2020 г., приведя к резкому снижению показателя по сравнению с контролем (на 33,2 %). Этот же препарат в 2021 г. также привел к снижению (относительно контроля) накопления пигмента в листьях растений сорта Памяти Родиной, хотя и в меньшем масштабе (на 13,5 % от уровня контроля).

Препарат Амино Старт либо не влиял на содержание пигмента в листьях сорта Памяти Родиной (2020 и 2023 гг.), либо приводил к снижению его содержания (на 7,6–13,6 % в 2021 и 2022 гг.) по сравнению с контролем.

Таблица 5 – Влияние некорневой обработки азотсодержащими препаратами на относительное содержание Chl a в подфлаговых листьях сортов ячменя (% к контролю без обработки) /

Table 5 – Effect of foliar treatment with nitrogen-containing products on the relative content of Chl a in the second leaves of barley plants (% of untreated control)

<i>Препарат / Preparation</i>	<i>Год / Year</i>	<i>Новичок / 'Novichok'</i>	<i>Родник Прикамья / 'Rodnik Prikamya'</i>	<i>Памяти Родины / 'Pamyaty Rodinoy'</i>
КАС 28/ CAS 28	2020	106,2*	66,8*	95,7
	2021	98,4	97,6	86,5*
	2022	93,4*	106,3	93,7
	2023	96,4*	106,6	105,5
Амино Старт/ Amino Start	2020	109,3*	93,8	90,7
	2021	94,6*	100,5	92,4*
	2022	86,3*	97,4	86,4*
	2023	89,4*	106,8	106,6

Примечания: см. табл. 3 / Notes: see table 3

Можно отметить различия между сортами по реакции пигментного комплекса подфлаговых листьев на некорневую обработку препаратом КАС в 2020 г. – повышение относительного содержания у сорта Новичок, снижение у Родник Прикамья и отсутствие эффекта у Памяти Родины.

Исследованные препараты для некорневой подкормки практически не повлияли

на процессы накопления в подфлаговых листьях ячменя второй формы хлорофилла – Chl b (табл. 6). Статистически значимым было отклонение от контроля только в двух случаях – у сорта Родник Прикамья в 2020 г. препарат КАС 28 снизил уровень пигмента на 16,9 %, а препарат Амино Старт в 2022 г. – на 10,3 %.

Таблица 6 – Влияние некорневой обработки азотсодержащими препаратами на относительное содержание Chl b в подфлаговых листьях сортов ячменя (% к контролю без обработки) /

Table 6 – Effect of foliar treatment with nitrogen-containing products on the relative content of Chl b in the second leaves of barley plants (% of untreated control)

<i>Препарат / Preparation</i>	<i>Год / Year</i>	<i>Новичок / 'Novichok'</i>	<i>Родник Прикамья / 'Rodnik Prikamya'</i>	<i>Памяти Родины / 'Pamyaty Rodinoy'</i>
КАС 28 / CAS 28	2020	110,5	83,1*	91,6
	2021	97,4	100,2	97,2
	2022	95,0	103,9	85,3
	2023	99,1	108,6	107,8
Амино Старт/ Amino Start	2020	115,9	92,4	99,2
	2021	94,1	103,5	97,6
	2022	82,5	89,7*	85,1
	2023	77,6	100,0	99,5

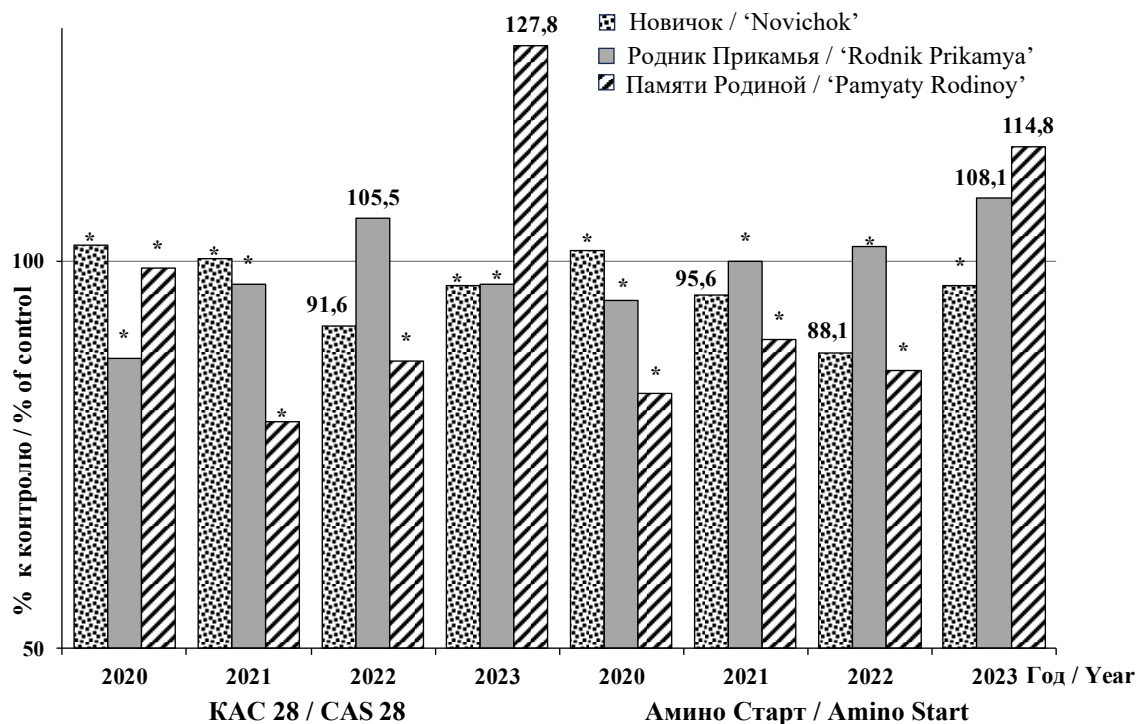
Примечания: см. табл. 3 / Notes: see table 3

На относительное содержание каротиноидов в подфлаговых листьях растений сорта Новичок препараты либо не влияли, либо воздействие было отрицательным (КАС 28 в 2022 г. привел к снижению на 8,4 %, Амино Старт в 2021 и 2022 гг. – на 4,4 и 11,9 %) (рис. 2).

В отличие от Новичка, влияние обработки на два других сорта в трех случаях привело к значимому повышению содержания каротиноидов: на сорт Родник Прикамья таким

было влияние препарата КАС 28 в 2022 г. (прирост на 5,5 %) и Амино Старт в 2023 г. (на 8,1 %); на растения сорта Памяти Родины оказал влияние препарат КАС 28 в 2023 г. (прибавка 27,8 %).

Наиболее ярко сортоспецифичность действия препарата КАС 28 проявилась в 2022 г. – сорт Новичок показал снижение содержания каротиноидов, Родник Прикамья – повышение, а Памяти Родины – отсутствие влияния.



* Отличия от контроля статистически незначимы / * Statistically insignificant differences from the control

Рис. 2. Влияние некорневой обработки азотсодержащими препаратами на относительное содержание каротиноидов в подфлаговых листьях сортов ячменя (% к контролю без обработки) /

Fig. 2. Effect of foliar treatment with nitrogen-containing products on the relative carotenoid content in the second leaves of barley cultivars (% of untreated control)

Проведенный трехфакторный дисперсионный анализ (факторы: год, обработка и сорт) показал, что влияние фактора «обработка» в чистом виде проявилось только на фракции *Chl b* (доля влияния фактора 2,72 %). Влияние фактора «сорт» было статистически незначимо ни для хлорофиллов, ни для каротиноидов. Фактор «год» сильнее всего повлиял на содержание каротиноидов (24,6 %), доля влияния на остальные пигменты была примерно равной (9,6–11,5 %). Взаимодействие факторов «сорт» и «обработка» проявилось только на фракции каротиноидов и составило около 3 %.

Жидкое комплексное удобрение Полидон® Амино Старт достаточно широко применяется на различных зерновых культурах (например, озимой пшенице и ячмене), поскольку оно воздействует как на продуктивность, так и на качество получаемого зерна [13, 14, 15]. Содержание общего азота в удобрении составляет 130 г/л, что позволяет его рассматривать как дополнительный источник азота для растений.

Жидкое минеральное удобрение КАС 28 содержит одновременно нитратный, аммонийный

и амидный азот ($N_{\text{общ}}$ 360 г/л); отсутствие в составе препарата свободного аммиака позволяет существенно снизить непроизводительные потери азота [16]. В литературе отмечено его стимулирующее влияние на содержание пигментов в листьях растений зерновых культур, в частности, пшеницы [17], риса [18], овса посевного [19].

Несмотря на то, что общее количество азота, которое может попасть в растение при некорневой подкормке препаратом КАС 28 в разы превышает количество азота в препарате Амино Старт (при использованной норме расхода препарата Амино Старт на один гектар площади посева приходится 130 г общего азота, у препарата КАС 28 – около 8,4 кг), закономерного отличия в действии этих препаратов не наблюдалось. Хотя в литературе отмечают повышение содержания хлорофилла в листьях с увеличением нормы азотных удобрений [20, 21], наши данные этого не подтверждают: даже когда оба препарата приводили к повышению уровня содержания пигментов, различие в их эффекте составляло всего несколько процентов. Одним из объяснений может быть то, что

в составе препарата Амино Старт присутствуют различные микроэлементы, а это, по мнению [22], значительно улучшает усвоение азота и активизирует метаболизм растений. Вторым предлагаемым объяснением могут служить различия в направлении использования дополнительного азота: на изменение содержания пигментов расходуется строго ограниченная часть этого элемента, тогда как остальная (большая) расходуется на построение вегетативной массы. При этом эффективность работы фотосинтетического аппарата будет ограничиваться не содержанием пигментов, а наличием органов, запасующих и использующих образовавшиеся пластические вещества.

В литературе также отмечается, что сила и направление влияния некорневых подкормок азотом на накопление листовых пигментов может определяться условиями выращивания. Так, в трехлетнем опыте [14] с предпосевной обработкой семян озимой пшеницы препаратом Полидон® Амино Старт в среднем получено увеличение содержания общего хлорофилла на 8,8 % с варьированием по годам от повышения на 27,2 % до снижения на 3,1 %. Наши данные находятся в согласии с этими утверждениями. Результаты дисперсионного анализа показали ведущее влияние фактора «год» на накопление пигментов как во флаговом, так и в подфлаговом листьях, которое превышало влияние факторов «обработка» и «сорт» в несколько раз.

В нашей предыдущей работе [23] мы рассмотрели влияние некорневых обработок на содержание пигментов в среднем у трех сортов ярового ячменя, выведенных в ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока. В настоящей работе основной упор был сделан на генотипические особенности реакции растений ячменя на азотные подкормки. Такой подход к анализу материала показал, например, что усредненное снижение содержания *Chl a* в подфлаговом листе (табл. 6) под влиянием препарата КАС 28 в 2021 г. (на 6,0 % по сравнению с контролем без обработки) объясняется резким снижением содержания пигмента в листьях только одного сорта (Памяти Родины – на 13,6 %) при отсутствии статистически значимого изменения у двух других.

В целом по опыту, за четыре года исследований применяемые препараты для некорневой обработки растений ярового ячменя показали различные по направлению и силе воздействия на накопление пигментов в двух верхних листьях.

При этом у сортов Новичок и Родник Прикамья усиление и снижение накопления как хлорофиллов, так и каротиноидов во флаговых листьях могло происходить почти с равной вероятностью: из 24 вариантов опыта (4 года x 2 препарата x 3 типа пигментов) значимое превышение над контролем у сорта Новичок отмечено 10 раз, снижение – также 10 раз; у сорта Родник Прикамья – соответственно 9 и 8 раз. Однако у сорта Памяти Родины отрицательное влияние обработок проявилось в 14, а положительное – только в 4 вариантах.

Интересным нам представляется и тот факт, что даже в условиях одного и того же года действие препаратов на накопление пигментов у разных сортов могло быть прямо противоположным: например, препарат КАС 28 повышал содержание *Chl a* во флаговых листьях сорта Родник Прикамья, но снижал у Памяти Родины; в 2021–2023 гг. то же справедливо и для *Chl b*. Реакция сортов на обработку препаратом Амино Старт была более схожей в пределах одного года – содержание пигментов во флаговых листьях либо повышалось, либо снижалось у всех трех сортов. Исключением может быть 2020 г., когда содержание *Chl b* у сортов Новичок и Памяти Родины возросло, а у Родник Прикамья – наоборот, снизилось. Таким образом, изменение направления воздействия препаратов КАС 28 и Полидон® Амино Старт на содержание листовых пигментов у растений ярового ячменя нельзя объяснить только влиянием условий выращивания.

Пигментные системы подфлагового листа ячменя были более устойчивы к влиянию некорневых обработок, при этом чаще реагировали растения сорта Новичок – отклонения от контрольных значений зафиксированы в 10 вариантах, причем только 2 из них – в положительную сторону. У сортов Родник Прикамья и Памяти Родины существенные изменения в накоплении пигментов отмечены только в 5 и 4 вариантах, из них по 3 варианта привели к снижению уровня накопления пигментов. Можно отметить противоположные по направлению реакции сортов Новичок и Родник Прикамья на обработку препаратом КАС 28 по содержанию *Chl a* – у первого сорта оно повысилось, у второго – снизилось. Наиболее стабильным было содержание *Chl b*, его снижение от контрольных значений отмечено всего два раза у сорта Родник Прикамья: в 2020 г. под влиянием препарата КАС 28, в 2022 г. – Амино

Старт. Менее выраженный эффект использованных препаратов на пигментный комплекс подфлаговых листьев можно объяснить тем фактом, что подфлаговые листья к моменту отбора проб уже полностью развиты, тогда как у флаговых листьев (вследствие их более позднего образования) процессы роста и развития могли быть еще не завершены.

Заключение. Изменчивость содержания фотосинтетических пигментов при некорневой обработке листьев ячменя азотсодержащими препаратами в значительной степени определялась условиями года выращивания (доля прямого влияния фактора составила 14,5–41,7 % для флагового и 9,6–24,6 % для подфлагового листьев). Генотипические особенности сорта прямо влияли только на содержание пигментов во флаговом листе (доля влияния 1,5–14,0 %). Величина влияния фактора «обработка» (т. е. конкретного препарата) на содержание хлорофиллов флагового и подфлагового листьев составила 2,7–3,9 %. Изменчивость содержания каротиноидов в обоих листьях ячменя не зависела от некорневой обработки. Остальная доля изменчивости изучаемых признаков определялась двойными и тройными взаимодействиями факторов.

В целом по опыту, препарат КАС 28 оказал стимулирующий эффект на содержание

Chl a и *Chl b* во флаговых листьях сортов Новичок и Родник Прикамья (значимая прибавка на 4–18 % к контролю), но депрессивное – у сорта Памяти Родины (4–14 % ниже контроля). В то же время препарат Амино Старт повысил содержание хлорофиллов у сортов Новичок и Памяти Родины (на 5–12 % к контролю) в условиях 2020 г. (когда была отмечена неблагоприятная для синтеза пигментов температура воздуха за несколько дней до отбора проб, что привело к значимому снижению общего содержания пигментов во всех вариантах опыта), но снизил на 10 % у сорта Родник Прикамья. В остальные годы препарат оказал скорее депрессивное действие на содержание хлорофиллов (на 4–15 % относительно контроля) у всех трех сортов.

В результате исследований установлено, что при некорневых обработках азотсодержащими препаратами накопление фотосинтетических пигментов существенно различается в зависимости от сорта: Новичок показывает высокую эффективность при использовании обоих препаратов (особенно в неблагоприятных погодных условиях фазы цветения); Родник Прикамья – при применении препарата КАС 28; сорт Памяти Родины – Амино Старт.

References

1. Guo Z. P., Dong K., Zhu J. H., Dong Y. Effects of nitrogen fertilizer and intercropping on faba bean rust occurrence and field microclimate. *Journal of Nuclear Agricultural Sciences*. 2019;33(11):2294–2302. DOI: <https://doi.org/10.11869/j.issn.100-8551.2019.11.2294>
2. Zhang Z., Hu Z., Xie S., Riaz A., Zhang G., Ye L. Natural Variation in NIN-LIKE PROTEIN 4 Associated With Spike-Response to Nitrogen in Barley. *Plant, Cell & Environment*. 2025;48(7):5120–5132. DOI: <https://doi.org/10.1111/pce.15497>
3. Singh B., Buresh R. J., Peng S. Synchronizing nitrogen fertilizer application to crop nitrogen needs. Chapter from: Ladha J. K. (ed.) in book: *Improving nitrogen use efficiency in crop production*. Burleigh Dodds Science Publishing, Cambridge, UK, 2024. pp. 167–200. DOI: <https://doi.org/10.19103/AS.2024.0135.10>
4. Singh B., Sidhu A. S., Singh K., Kaur S. Implication of rate and time of nitrogen application on nitrogen status of barley plant in light textured soils. *Journal of Agricultural Physics*. 2024;24(2):307–312. URL: https://www.researchgate.net/publication/388614320_Implication_of_Rate_and_Time_of_Nitrogen_Application_on_Nitrogen_Status_of_Barley_Plant_in_Light_Textured_Soils
5. Jeager A., Zannin E., Sahin A. W., Arendt E. K. Barley protein properties, extraction and applications, with a focus on brewers' spent grain protein. *Foods*. 2021;10(6):1389. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods10061389>
6. Peng S., Cassman K. G., Kropff M. J. Relationship between leaf photosynthesis and nitrogen content of field-grown rice in the tropics. *Crop Science*. 1995;35(6):1627–1630. DOI: <https://doi.org/10.2135/cropsci1995.0011183X003500060018x>
7. Ионова Е. В., Газе В. Л., Лиховидова В. А. Фотосинтетическая деятельность и динамика накопления сухой массы растений озимой мягкой пшеницы в зависимости от условий выращивания. *Зерновое хозяйство России*. 2020;(1):23–27. DOI: <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2020-67-1-23-27> EDN: QUNKCQ
- Ionova E. V., Gaze V. L., Likhovidova V. A. Photosynthetic activity and dynamics of dry mass of plants accumulation of winter soft wheat, depending on growing conditions. *Zernovoye khozyaystvo Rossii* = Grain Economy of Russia. 2020;(1):23–27. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2020-67-1-23-27>

8. Alazmani A. Evaluation of yield and yield components of barley varieties to nitrogen. The International Journal of Agriculture and Crop Sciences. 2015;8(1):52–54.
URL: <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20153141840>
9. Hamann F. A., Fiebig A., Noga G. Impact of Nitrogen Fertilization on Chlorophyll Content and Yield of Barley Cultivars Assessed by Fluorescence-Based Approaches. Canadian Journal of Agriculture and Crops. 2020;5(2):138–152. DOI: <https://doi.org/10.20448/803.5.2.138.152>
10. Трубников Ю. Н., Шпедт А. А., Соломеникова Ю. Н. Фотометрическая экспресс-диагностика азотного питания растений. Вестник КрасГАУ. 2023;(11):165–172.
DOI: <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2023-11-165-172> EDN: AXPRPR
Trubnikov Yu. N., Shpedt A. A., Solomennikova Yu. N. Photometric express diagnostics of nitrogen nutrition of plants. *Vestnik KraSGAU = The Bulletin of KrasGAU*. 2023;(11):165–172. (In Russ.).
DOI: <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2023-11-165-172>
11. Lichtenthaler H. K., Buschmann C. Extraction of Photosynthetic Tissues: Chlorophylls and Carotenoids. Current Protocols in Food Analytical Chemistry. New York: John Wiley and Sons, 2001. pp. F4.2.1–F4.2.6.
DOI: <https://doi.org/10.1002/0471142913.faf0402s01>
12. Lichtenthaler H. K., Buschmann C. Chlorophylls and carotenoids: measurement and characterization by UV-VIS spectroscopy. Current Protocols in Food Analytical Chemistry. New York: John Wiley and Sons, 2001. pp. F4.3.1–F4.3.8. DOI: <https://doi.org/10.1002/0471142913.faf0403s01>
13. Пономарева А. С., Коршунов А. А., Вознесенская Т. Ю., Рыжова Д. А. Эффективность применения органоминеральных удобрений с комплексом аминокислот на пшенице. Агрохимический вестник. 2019;(1):59–62. DOI: <https://doi.org/10.24411/0235-2516-2019-10014> EDN: YXMDML
Ponomareva A. S., Korshunov A. A., Voznesenskaya T. Yu., Ri-zhova D. A. Efficiency of application of organomineral fertilizers with the complex of amino acids on wheat. *Agrokhimichesky vestnik = Agrochemical Herald*. 2019;(1):59–62. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24411/0235-2516-2019-10014>
14. Семенюк О. В., Галушко Н. А. Влияние препаратов «Полидон Амино» на продуктивность и качество озимой пшеницы в условиях Северо-Кавказского региона. Таврический вестник аграрной науки. 2022;(4(32)):202–211. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=49982575> EDN: RRRFCM
Semenyuk O. V., Galushko N. A. Effect of Polydon® Amino preparations on the productivity and quality of winter wheat under conditions of the North Caucasus region. *Tavrishesky vestnik agrarnoy nauki = Taurida herald of the agrarian sciences*. 2022;(4(32)):202–211. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=49982575>
15. Noskova E. N., Lisitsyn E. M., Shchennikova I. N., Svetlakova E. V. Top-dressing treatment of spring barley to modify its quality. Foods and Raw Materials. 2023;11(1):106–115.
DOI: <https://doi.org/10.21603/2308-4057-2023-1-562>
16. Sundaram P. K., Mani I., Lande S. D., Parray R. A. Evaluation of urea ammonium nitrate application on the performance of wheat. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences. 2019;8(1):1956–1963.
DOI: <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2019.801.205>
17. 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;13(7):3725. DOI: <https://doi.org/10.3390/su13073725>
18. 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;23(1):270–285. DOI: <https://doi.org/10.1080/1343943X.2020.1717970>
19. 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)):9–21. DOI: <https://doi.org/10.33952/2542-0720-2021-4-28-9-21> EDN: OGFYTG
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. *Tavrishesky vestnik agrarnoy nauki = Taurida herald of the agrarian sciences*. 2021;(4(28)):9–21. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.33952/2542-0720-2021-4-28-9-21>
20. Muhammad I., Yang L., Ahmad S., Farooq S., Al-Ghamdi A. A., Khan A. et al. Nitrogen Fertilizer Modulates Plant Growth, Chlorophyll Pigments and Enzymatic Activities under Different Irrigation Regimes. Agronomy 2022;12(4):845. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy12040845>
21. Воронкова Н. А., Волкова В. А., Цыганова Н. А., Балабанова Н. Ф. Влияние макроудобрений и стимуляторов роста на содержание хлорофилла в листьях яровой пшеницы. Плодородие. 2022;(1):17–21. DOI: <https://doi.org/10.25680/S19948603.2022.124.05> EDN: VTRTCT
Voronkova N. A., Volkova V. A., Tsiganova N. A., Balabanova N. F. The content of chlorophyll in the leaves of spring soft wheat, depending on the root nutrition with macro-fertilizers and foliar growth stimulants. *Plodorodie*. 2022;(1):17–21. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.25680/S19948603.2022.124.05>

22. Seadh S. E., El-Abady M. I., El-Ghamry A. M., Farouk S. Influence of micronutrients foliar application and nitrogen fertilization on wheat yield and quality of grain and seed. *Journal of Biological. Sciences.* 2009;9(8):851–858. DOI: <https://doi.org/10.3923/jbs.2009.851.858>

23. Носкова Е. Н., Лисицын Е. М. Влияние некорневых подкормок органоминеральными удобрениями на содержание хлорофилла в листьях ячменя и его связь с показателями качества зерна. *Агрохимия.* 2024;(4):49–59. DOI: <https://doi.org/10.31857/S0002188124040062> EDN: DLWCMQ

Noskova E. N., Lisitsyn E. M. Effect of top-dressing on chlorophyll content in barley leaves and its relation to grain quality parameters. *Agrokimiya.* 2024;(4):49–59. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.31857/S0002188124040062>

Сведения об авторах

✉ **Носкова Евгения Николаевна**, кандидат с.-х. наук, старший научный сотрудник лаборатории земледелия, агрохимии и кормопроизводства, ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», ул. Ленина, 166 а, Киров, Российская Федерация, 610007, e-mail: priemnaya@fanc-sv.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4685-7865>, e-mail: noskova_evgeniya@mail.ru

Лисицын Евгений Михайлович, доктор биол. наук, заведующий отделом эдафической устойчивости сельскохозяйственных растений, ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», ул. Ленина, 166 а, Киров, Российская Федерация, 610007, e-mail: priemnaya@fanc-sv.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3125-3604>

Information about the authors

✉ **Evgeniya N. Noskova**, PhD in Agricultural Science, senior researcher, the Laboratory of Crop Farming, Agrochemistry and Forage Production, Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, 166-a Lenin str., Kirov, Russian Federation, 610007, e-mail: priemnaya@fanc-sv.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4685-7865>, e-mail: noskova_evgeniya@mail.ru

Eugene M. Lisitsyn, DSc in Biology, Head of the Department of Plant Edaphic Resistance, Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, 166-a Lenin str., Kirov, Russian Federation, 610007, e-mail: priemnaya@fanc-sv.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3125-3604>

✉ – Для контактов / Corresponding author