

УДК 633.16:581.132:581.134

ВЛИЯНИЕ НЕКОРНЕВЫХ ПОДКОРМОК ОРГАНО-МИНЕРАЛЬНЫМИ УДОБРЕНИЯМИ НА СОДЕРЖАНИЕ ХЛОРОФИЛЛА В ЛИСТЬЯХ ЯЧМЕНЯ И ЕГО СВЯЗЬ С ПОКАЗАТЕЛЯМИ КАЧЕСТВА ЗЕРНА

© 2024 г. Е. Н. Носкова¹, Е. М. Лисицын^{1,*}¹Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока им. Н.В. Рудницкого
610007 Киров, ул. Ленина, 166а, Россия

*E-mail: edaphic@mail.ru

В Кировской обл. РФ в 2020–2022 гг. в полевом севообороте исследовано влияние внекорневой обработки органо-минеральным удобрением Полидон® Амино Старт и жидким минеральным удобрением КАС-28 в фазе кущения растений на состояние пигментного комплекса листьев ярового ячменя сортов Новичок, Родник Прикамья и Памяти Родины и его связь с показателями качества зерна. Выявлено значимое влияние внекорневых обработок на содержание пигментов в подфлаговом и флаговом листе. Применение внекорневой обработки КАС-28 усилило связь показателей качества зерна с содержанием хлорофилльных пигментов 2-х верхних листьев по сравнению с контрольным вариантом. Влияние препарата Амино Старт не было однозначным: часть связей несколько ослабла по сравнению с контролем, часть усилилась, некоторые стали статистически значимыми. Суммарное содержание хлорофилла коррелировало с содержанием в зерне клетчатки и жира во всех вариантах обработки. По сравнению с контролем применение внекорневых обработок изменяло эффективность использования фотоассимилятов обоих листьев для синтеза клетчатки и жира. Полученные данные указали на возможность прогноза формирования основных показателей качества зерна ярового ячменя по содержанию хлорофилльных пигментов во флаговом или подфлаговом листьях растений в фазе цветения.

Ключевые слова: пигменты, белок, крахмал, клетчатка, жир, корреляция, флаговый лист, подфлаговый лист.

DOI: 10.31857/S0002188124040062, EDN: dlwcmq

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в Российской Федерации ячмень (*Hordeum vulgare* L.) занимает 2-е место по площади возделывания зерновых культур: в 2023 г., по данным Минсельхоза РФ, из 29 млн га посевов зерновых и зернобобовых культур на долю пшеницы пришлось 13.5 млн га (46.5%), на долю ячменя – 7 млн га (24.1%) (<https://zerno.ru/node/22254>). Что касается урожайности, то в 2022 г. в валовом сборе зерновых и зернобобовых культур в России (151.0 млн т) первое место также принадлежало пшенице (яровой и озимой) – 102.7 млн т, второе – ячменю (озимый – 3.2, яровой – 19.7 млн т) (<https://zerno.ru/node/21579>). Аналитики компании BusinessStat (<https://businessstat.ru/catalog/id8642/>) отмечали, что доля ячменя в структуре продаж зерновых в 2021 г. составила 16.9%. При этом в России 70% ячменя используют на кормовые цели – он содержит полноценный белок, богат крахмалом. Это соответствует общемировой

тенденции использования зерна ячменя: на кормовые цели применяют >75% зерна, на продовольственные – ≈15 и на пивоварение – 8% [1].

По данным [2], три основных химических компонента зерна (крахмал, клетчатка и сырой протеин) составляют более 90% его сухого вещества (соответственно 59.1–61.6, 18.2–21.5 и 11.7–13.64%). Практически все запасные питательные вещества зерна образуются за счет работы фотосинтетических пигментов листьев (хлорофиллов *a* и *b*); ведущую роль в этом играют 2 верхних листа. Известно, что флаговый лист зерновых культур обеспечивает от 50 до 60% ежедневного синтеза пластических веществ [3]. Считается, что флаговый лист является хорошим индикатором азотного статуса надземной массы растений на стадии GS65 [4], поэтому его роль в повышении урожая и качества зерна, в частности, в повышении содержания белка, в последние годы активно изучают и используют в селекции [5, 6]. Кроме того, большая часть азота зерна (от 60 до 95%) также происходит от ремобилизации

из верхних листьев [4], флаговый лист поставляет азот прямо в колос, при этом в течение периода налива зерна во флаговом листе происходит более чем 50%-ное снижение содержания азота [7].

Агрономическая практика азотного питания сельскохозяйственных растений последнего десятилетия заключается в переходе к дробному типу внесения азота – часть азотных удобрений вносятся при посеве, другую часть – в виде некорневых (листовых) подкормок в критических фазах потребления элемента [8]. Оценку влияния некорневых подкормок чаще всего ведут, применяя 2 основных показателя – уровень урожайности и содержание белка в зерне. Поэтому некорневая обработка азотсодержащими удобрениями в нужное время может до определенной степени улучшить накопление белка в зерне [9]. Прогноз содержания белка в зерне в последние годы осуществляют на основе анализа суммарного содержания хлорофилла во флаговом листе с помощью портативных измерителей типа SPAD-502 (Konica Minolta Sensing, Inc., Japan), или CCM-200 (Opti-Sciences, Inc., USA) [9, 10]. Однако, в настоящее время существуют только отдельные работы, в которых изучали возможность использования портативных хлорофиллометров (N-тестеров) для прогноза формирования других показателей качества, в состав которых азот не входит, но которые, тем не менее, образуются в результате активной работы фотосинтетического аппарата листьев. Например, для кукурузы были отмечены высокосвязанные корреляции между содержанием хлорофилла и содержанием масла ($r = 0.611$) в условиях засушливого сезона [11].

Однако внекорневая подкормка азотсодержащими удобрениями оказывает влияние и на содержание в зерне ячменя питательных веществ, ценных с точки зрения кормления животных, таких как крахмал, сырая клетчатка и жир. В нашей предыдущей работе [12] показано, как в условиях Волго-Вятского региона можно корректировать содержание в зерне ячменя таких ценных, с точки зрения кормления животных, компонентов как жир, белок, клетчатка и крахмал с помощью некорневых обработок азотсодержащими удобрениями в фазе кущения растений. Поэтому цель работы – оценка вариативности содержания хлорофиллов в 2-х верхних листьях растений ячменя при некорневой обработке азотсодержащими удобрениями и выявление степени взаимосвязи содержания хлорофиллов *a* и *b* в листьях и параметров качества зерна при применении разных вариантов некорневой обработки растений.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Опыты проведены в 2020–2022 гг. в полевом севообороте отдела агрохимии и земледелия ФАНЦ Северо-Востока (г. Киров, РФ). Почва опытного участка – дерново-подзолистая среднесуглинистая, сформированная на элювии пермских глин. Агрохимические показатели почвы пахотного слоя опытного участка: pH_{KCl} 4.59–5.00 ед., содержание подвижного фосфора – 148–157, подвижного калия – 127–140 мг/кг почвы, гумуса – 1.74–2.00%. Площадь делянки – 10 м², повторность опыта четырехкратная, размещение делянок систематическое со смещением. Под предпосевную культивацию вносили минеральные удобрения NPKS (25 : 4 : 4 : 2) в дозе 0.3 т/га. Доза внесения предпосевного удобрения выбрана на основе предыдущих исследований [13], которые показали, что такое количество удобрений обеспечивает формирование урожайности зерна ячменя не менее 3.5–4.5 т/га. Объекты исследования – сорта ячменя: Новичок, Родник Прикамья и Памяти Родины. Все 3 сорта созданы в ФАНЦ Северо-Востока (селекционер – член-корреспондент РАН И.Н. Щенникова), зернофуражного направления использования, 2 последних сорта включены в список ценных по качеству сортов РФ.

В качестве органо-минерального азотсодержащего удобрения использовали препарат Полидон® Амино Старт производства компании “Полидон® Агро” (Москва). Это жидкое комплексное органо-минеральное удобрение нового поколения (на основе гуминовых и фульвовых кислот, ростовых веществ природного происхождения, микроэлементов, аминокислот и полисахаридов) российского производства широко используют в технологиях возделывания зерновых культур, озимого рапса, кукурузы, сои [14]. В состав удобрения Амино Старт входят: *L*-аминокислоты (200 г/л), азот ($N_{общ}$ – 130 г/л), фосфор (P_2O_5 –75 г/л), калий (K_2O – 25 г/л), магний (MgO – 15 г/л), железо (Fe – 6 г/л), марганец (Mn – 3 г/л), цинк (Zn – 3 г/л), медь (Cu – 3 г/л), бор (B – 3 г/л), молибден (Mo – 1 г/л), кобальт (Co – 0,05 г/л). Удобрение применяют для стимулирования роста корневой системы, повышения продуктивного кущения, усиления стрессоустойчивости растений, повышения урожайности.

Жидкое минеральное азотное удобрение “КАС-28” (карбамидо-аммиачная селитра) 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 [15, 16]. Физиологическое действие удобрения на растения заключается

Таблица 1. Метеоусловия в период проведения опыта (метеостанция г. Киров)

Месяц	Средняя t, °С	Отклонение от нормы, °С	Количество осадков, мм	% от нормы	Сумма эффективных температур, °С
2020 г.					
Май	12.2	+0.9	89	154	226.6
Июнь	15.3	-1.2	41	47	535.0
Июль	20.5	+1.6	100	110	1016.0
Август	15.1	-0.5	61	73	1327.9
2021 г.					
Май	15.0	+3.1	58	107	320.4
Июнь	19.9	+3.5	63	78	767.3
Июль	19.2	+0.3	92	113	1207.2
Август	18.8	+2.9	38	51	1634.8
2022 г.					
Май	8.5	-3.4	53	99	143.9
Июнь	16.1	-0.3	118	145	475.4
Июль	20.0	+1.1	130	159	938.9
Август	20.0	+4.0	18	24	1402.1

в активации роста, когда надземная часть растения интенсивно развивается, закладываются цветочные почки – залог будущего урожая.

Схема опыта, варианты: 1 – контроль (без обработки вегетирующих растений минеральными и органо–минеральными удобрениями), 2 – листовая обработка Полидон® Амино Старт (1 л/га) в фазе кущения, 3 – листовая обработка КАС 28 (30 л/га) в фазе кущения.

Уборку урожая проводили комбайном Wintersteiger в фазе полной восковой спелости. Анализ физико-химических свойств зерна ячменя выполняли на приборе INFRAMATIC8620 производства Perten Instruments (Швеция) согласно методическим рекомендациям производителя. Оценивали содержание в зерне следующих компонентов: сырого протеина (белка), крахмала, сырой клетчатки и жира. Данные выражали в% от сухой массы зерна.

В мае, июне и первой половине июля 2020 г. отмечена неустойчивая по температуре погода, в 1-й декаде – сухая, во 2-й-3-й декаде – с небольшими, временами сильными, дождями, во 2-й половине июля – умеренно теплая, с частыми дождями, иногда сильными. Август был теплый и умеренно теплый, преимущественно сухой или с небольшими осадками. В целом сложившиеся метеоусловия вегетационного периода были благоприятными для возделывания ярового ячменя (табл. 1).

В мае 2021 г. преобладала теплая и жаркая, как с сухими, так и с дождливыми периодами, погода. В июне и июле погода была от умеренно теплой до жаркой, а также сухой с периодическими

дождями. Местами наблюдали почвенную засуху. Август – теплый и жаркий с локальными дождями. В целом, условия вегетации 2021 г. можно охарактеризовать как умеренно засушливые.

В мае 2022 г. отмечали неустойчивую погоду, было преимущественно холоднее обычного, с небольшими, значительными в отдельные дни осадками. Температура и осадки в июле способствовали формированию продуктивного колоса. В целом погодные условия, сложившиеся в 2022 г., были благоприятными для получения высокой урожайности ячменя.

В середине фазы цветения отбирали пробы флаговых и подфлаговых листьев для оценки содержания фотосинтетических пигментов (хлорофиллов *a* и *b* (**Chl a**, **Chl b**)). Для этого с 20-ти растений каждого сорта отбирали образцы 2-х верхних листьев, в лабораторных условиях выделяли пигменты по методике [17] 100%-ным ацетоном. Оценку содержания пигментов осуществляли на спектрофотометре UVmini-1240 (SHIMADZU Corporation, Japan) с использованием длин волн 644.8 и 661.6 нм. Концентрацию пигментов в вытяжках рассчитывали по формулам:

$$\begin{aligned} \text{концентрация Chl } a \text{ (мг/дм}^3\text{)} &= \\ &= 11.24 A_{661.6} - 2.04 A_{644.8}, \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \text{концентрация Chl } b \text{ (мг/дм}^3\text{)} &= \\ &= 20.13 A_{644.8} - 4.19 A_{661.6}, \end{aligned} \quad (2)$$

где *A* – оптическая плотность растворов при указанных длинах волн.

Статистическую обработку полученных данных проводили методами описательной статистики, корреляционного и дисперсионного анализов в табличном процессоре Microsoft Office Excel 2013 и пакете статистических программ Agros 2.05.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ полученных данных позволил заключить, что в каждый из 3-х лет исследования величины основных показателей качества зерна ярового ячменя, во всех вариантах опыта укладывались в пределы их содержания, известные из литературы: для белка – 9–13% [18, 19], клетчатки – 3–8% [20, 21], крахмала – 52–77% [22, 23], жира – 1–3% [24, 25] (табл. 2).

Ранее было показано [12], что доля влияния условий года выращивания на изменчивость представленных показателей изменялась от 79.5% для содержания белка до 95.6% – для содержания

жира. Исключением являлся показатель содержания крахмала в зерне, действие на него факторов “год выращивания” и “сорт” было статистически незначимым. Межсортные отличия по большинству показателей качества зерна в пределах одного года опыта также не были статистически значимыми. В то же время значимые различия для каждого из изученных параметров качества были отмечены в вариантах применения некорневой обработки для отдельных сортов в конкретные годы исследования.

Условия года вегетации также оказали основное влияние и на изменчивость содержания хлорофиллов в листьях исследованных сортов ячменя (табл. 3).

Согласно данным трехфакторного дисперсионного анализа, доля влияния фактора “год выращивания” на изменчивость содержания пигментов составила: для Chl *a* во флаговом листе – 79.4, в подфлаговом – 84.5%, для Chl *b* во флаговом листе – 60.0,

Таблица 2. Показатели качества зерна 3-х сортов ярового ячменя (2020–2022 гг.)

Сорт	Вариант	Белок, %	Клетчатка, %	Крахмал, %	Жир, %
2020 г.					
Новичок	Контроль	10.9 ± 0.1	3.49 ± 0.08	52.5 ± 0.3	1.82 ± 0.03
	КАС-28	10.9 ± 0.1	3.95 ± 0.21	53.6 ± 0.2	1.85 ± 0.03
	Амино Старт	10.8 ± 0.2	3.64 ± 0.15	53.9 ± 0.1	1.92 ± 0.06
Родник Прикамья	Контроль	12.0 ± 0.3	2.81 ± 0.18	48.5 ± 0.8	1.57 ± 0.03
	КАС-28	11.9 ± 0.4	3.21 ± 0.31	49.4 ± 0.4	1.58 ± 0.04
	Амино Старт	11.0 ± 0.4	2.81 ± 0.08	49.9 ± 0.5	1.37 ± 0.06
Памяти Родиной	Контроль	11.5 ± 0.2	3.45 ± 0.32	50.2 ± 0.2	1.42 ± 0.03
	КАС-28	11.6 ± 0.2	3.06 ± 0.08	50.6 ± 0.2	1.70 ± 0.02
	Амино Старт	13.1 ± 0.2	2.92 ± 0.04	47.7 ± 0.4	1.51 ± 0.02
2021 г.					
Новичок	Контроль	11.9 ± 0.2	5.36 ± 0.17	51.0 ± 0.7	2.43 ± 0.03
	КАС-28	11.4 ± 0.2	5.06 ± 0.28	50.7 ± 0.6	2.29 ± 0.04
	Амино Старт	11.6 ± 0.3	4.99 ± 0.11	51.0 ± 0.5	2.30 ± 0.05
Родник Прикамья	Контроль	10.8 ± 0.3	4.78 ± 0.13	50.8 ± 0.5	2.20 ± 0.04
	КАС-28	11.0 ± 0.3	4.73 ± 0.19	50.9 ± 1.1	2.15 ± 0.04
	Амино Старт	11.7 ± 0.6	4.63 ± 0.13	48.8 ± 1.2	2.16 ± 0.04
Памяти Родиной	Контроль	11.3 ± 0.5	4.83 ± 0.15	56.5 ± 1.3	2.16 ± 0.06
	КАС-28	11.7 ± 0.3	4.92 ± 0.13	49.1 ± 0.4	2.31 ± 0.08
	Амино Старт	12.5 ± 0.4	5.03 ± 0.32	48.5 ± 0.6	2.28 ± 0.08
2022 г.					
Новичок	Контроль	10.1 ± 0.5	5.21 ± 0.05	53.3 ± 0.5	2.93 ± 0.03
	КАС-28	9.66 ± 0.12	5.61 ± 0.32	53.0 ± 0.3	2.90 ± 0.01
	Амино Старт	10.3 ± 0.2	5.95 ± 0.12	55.0 ± 0.2	2.97 ± 0.02
Родник Прикамья	Контроль	8.54 ± 0.49	5.33 ± 0.10	56.7 ± 0.9	2.95 ± 0.01
	КАС-28	8.67 ± 0.26	5.69 ± 0.02	54.9 ± 0.3	2.84 ± 0.03
	Амино Старт	8.44 ± 0.20	5.77 ± 0.04	55.8 ± 0.4	2.97 ± 0.01
Памяти Родиной	Контроль	8.56 ± 0.31	5.41 ± 0.16	55.9 ± 0.2	2.99 ± 0.06
	КАС-28	8.75 ± 0.24	5.87 ± 0.07	55.2 ± 0.7	3.00 ± 0.06
	Амино Старт	9.07 ± 0.39	5.77 ± 0.02	54.6 ± 0.5	2.95 ± 0.03

Таблица 3. Содержание хлорофиллов во флаговом и подфлаговом листьях 3-х сортов ярового ячменя, мг/г сухой массы

Пигмент	Год	Сорт		
		Новичок	Родник Прикамья	Памяти Родины
Флаговый лист				
Контроль				
Chl <i>a</i>	2020	5.57 ± 0.03	6.70 ± 0.45	6.72 ± 0.49
	2021	11.5 ± 0.7	10.8 ± 0.2	9.91 ± 0.47
	2022	10.1 ± 0.2	8.46 ± 0.20	9.45 ± 0.26
Chl <i>b</i>	2020	3.67 ± 0.05	4.80 ± 0.26	4.03 ± 0.19
	2021	5.97 ± 0.03	5.93 ± 0.12	5.50 ± 0.33
	2022	5.22 ± 0.09	4.29 ± 0.21	4.64 ± 0.26
КАС-28				
Chl <i>a</i>	2020	6.03 ± 0.19	7.31 ± 0.18	6.30 ± 0.23
	2021	9.14 ± 0.33	9.42 ± 0.43	9.97 ± 0.07
	2022	11.1 ± 0.3	9.13 ± 0.37	8.46 ± 0.33
Chl <i>b</i>	2020	4.34 ± 0.18	4.59 ± 0.09	3.87 ± 0.14
	2021	5.04 ± 0.13	5.12 ± 0.18	5.82 ± 0.13
	2022	5.81 ± 0.17	4.72 ± 0.32	4.18 ± 0.32
Амино Старт				
Chl <i>a</i>	2020	5.92 ± 0.13	6.58 ± 0.43	7.05 ± 0.05
	2021	9.85 ± 0.23	9.20 ± 0.02	9.82 ± 0.05
	2022	9.51 ± 0.32	8.14 ± 0.16	8.71 ± 0.12
Chl <i>b</i>	2020	4.10 ± 0.09	4.34 ± 0.09	4.46 ± 0.06
	2021	5.65 ± 0.21	5.30 ± 0.14	5.57 ± 0.15
	2022	4.80 ± 0.31	3.88 ± 0.06	4.32 ± 0.14
Подфлаговый лист				
Контроль				
Chl <i>a</i>	2020	6.13 ± 0.07	8.03 ± 0.35	7.60 ± 0.10
	2021	11.0 ± 0.1	11.4 ± 0.3	11.1 ± 0.2
	2022	12.6 ± 0.3	11.5 ± 0.04	10.6 ± 0.1
Chl <i>b</i>	2020	4.09 ± 0.05	5.39 ± 0.26	4.97 ± 0.06
	2021	6.46 ± 0.15	6.53 ± 0.13	6.28 ± 0.28
	2022	6.53 ± 0.35	6.21 ± 0.05	5.09 ± 0.13
КАС-28				
Chl <i>a</i>	2020	6.51 ± 0.12	5.36 ± 0.32	7.27 ± 0.20
	2021	10.9 ± 0.2	9.89 ± 0.24	10.78 ± 0.13
	2022	11.8 ± 0.7	12.2 ± 0.3	9.95 ± 0.71
Chl <i>b</i>	2020	4.52 ± 0.08	3.48 ± 0.53	4.55 ± 0.18
	2021	6.29 ± 0.23	6.35 ± 0.19	6.29 ± 0.14
	2022	6.20 ± 0.24	6.45 ± 0.28	4.34 ± 0.51
Амино Старт				
Chl <i>a</i>	2020	6.70 ± 0.04	7.53 ± 0.15	6.89 ± 0.18
	2021	10.4 ± 0.1	10.6 ± 0.4	11.1 ± 0.2
	2022	10.9 ± 0.1	11.2 ± 0.1	9.18 ± 0.13
Chl <i>b</i>	2020	4.74 ± 0.06	4.98 ± 0.27	4.93 ± 0.34
	2021	6.08 ± 0.09	6.37 ± 0.22	6.50 ± 0.27
	2022	5.39 ± 0.19	5.57 ± 0.22	4.33 ± 0.18

в подфлаговом — 57.4%. Это может быть объяснено тем, что для эффективного синтеза хлорофилла необходимы температуры воздуха в пределах 25–30°C, а температуры <10°C останавливают этот процесс [26]. Низкие температуры в течение 3–4 сут до взятия проб (10–12°C) в 2020 г. привели к значительному снижению уровня содержания пигментов в листьях, тогда как в 2021 и 2022 гг. температура воздуха в аналогичный период была на уровне 23–27 и 14–16°C соответственно.

Фактор “сорт” оказал минимальное статистически значимое влияние на содержание Chl *a* в обоих листьях (0.7 и 0.5%) и немного большее — на содержание Chl *b* (2.2 и 4.3%). Доля влияния вариантов некорневой обработки была соответственно 1.4, 1.9, 1.1 и 2.7%.

В условиях нашего эксперимента усредненные данные для сортов указывали на отрицательное влияние некорневых обработок на концентрацию (мг/г сухой массы) фотосинтетических пигментов в подфлаговом листе: изменение содержания Chl *a* под влиянием КАС-28 составило по годам: –12.0, –6.0 и –2.2%, под влиянием Амино Старт: –2.9, –4.2 и –9.9%; Chl *b* — –13.3, –1.7, –4.7% (КАС-28) и 1.2, –1.6, –14.1 (Амино Старт).

Что касается пигментов флагового листа, то в 2020 г. под воздействием некорневых обработок произошло небольшое повышение содержания пигментов от 2.4 до 3.5%. В условиях 2022 г. было отмечено положительное влияние препарата КАС-28 только на содержание Chl *a* флагового листа (прирост 2.7%). В остальных вариантах 2022 г., а также всех вариантах в 2021 г. выявлено снижение содержания пигментов на 5.0–11.2%.

Снижение содержания хлорофилла в единице массы листа может быть следствием стимулирующего эффекта некорневого внесения дополнительного азота на такие параметры, как площадь листьев и их сухая масса, как отмечают в научной литературе [27], значительная часть азота расходуется на построение биомассы, чем на синтез хлорофилла и это приводит к некоторому снижению его концентрации. Второе возможное объяснение заключается в том, что дополнительное внесение азота в виде некорневых обработок стимулирует фотосинтетические процессы, в результате которых усиливается синтез первичных фотоассимилятов и в листьях накапливается больше углерод-содержащих соединений [28, 29], что приводит, с одной стороны, к увеличению сухой массы листа, а с другой — к снижению относительной доли хлорофилла в единице этой массы. Также можно предположить усиление ремобилизации азота из верхних листьев в репродуктивную часть растений под влиянием некорневых обработок азотсодержащими препаратами, т.е.

большую скорость распада хлорофилла по сравнению с контролем без обработки. Поскольку содержание хлорофилла в листьях положительно коррелировало с содержанием азота в вегетативных органах [9, 30], усиливающийся отток азота в репродуктивные органы будет параллельно приводить к снижению содержания пигментов.

Поскольку условия года выращивания оказали очень сильное влияние на анализируемые показатели, были рассчитаны доли влияния генотипа (сорта) и некорневых обработок отдельно для каждого из лет исследования. При этом оказалось, что влияние сорта на вариабельность содержания пигментов в листьях ярового ячменя менялось в широких пределах: от статистически незначимого (для Chl *a* и *b* во флаговом листе в 2021 г., Chl *b* в подфлаговом листе в 2020 г.) до 69.3% (для Chl *b* в подфлаговом листе в 2022 г.). Влияние некорневых обработок было статистически значимым во все годы исследования для обеих форм хлорофиллов в обоих листьях, варьируя от 2.5 (Chl *b* во флаговом листе в 2020 г.) до 50.8% (Chl *a* во флаговом листе в 2021 г.). В целом в опыте влияние сорта было в 1.5 раза более сильным, чем некорневых обработок (соответственно 32.5 и 20.2%).

Анализ парных корреляций между величинами показателей качества зерна и содержанием пигментов в 2-х верхних листьях растений ячменя в целом за 3 года исследования позволил выявить наличие следующих закономерностей (табл. 5).

Применение некорневой обработки растений ярового ячменя в фазе кушения препаратом КАС-28 усилило взаимосвязь показателей качества зерна с содержанием хлорофилльных пигментов в 2-х верхних листьях по сравнению с контрольным вариантом. Кроме отмеченных для контрольного варианта статистически значимых парных корреляций, отмечены новые пары признаков, значимо коррелирующих друг с другом при $p \leq 0.05$: содержание Chl *a* во флаговом листе и жира в зерне, Chl *b* во флаговом листе и клетчатки и крахмала в зерне, Chl *b* в подфлаговом листе и клетчатки в зерне.

Влияние препарата Амино Старт было не таким однозначным: стала менее выраженной связь содержания Chl *a* в подфлаговом листе и клетчатки в зерне, Chl *b* в обоих листьях и белка в зерне, Chl *b* в подфлаговом листе и жира в зерне; связи содержания Chl *a* в подфлаговом листе с содержанием жира, как и Chl *b* в подфлаговом листе и крахмала стали статистически незначимыми. В то же время связи в парах “Chl *a* во флаговом листе–клетчатка в зерне” и “Chl *b* во флаговом листе–жир в зерне” усилились, связь содержания Chl *b* в подфлаговом листе и клетчатки в зерне стала статистически значимой при $p \leq 0.05$.

Таблица 5. Коэффициенты парных корреляций между содержанием хлорофилла в листьях (мг/г сухой массы) и показателями качества (содержание, %) зерна ярового ячменя

Показатель качества зерна	Chl <i>a</i>		Chl <i>b</i>		Суммарный хлорофилл	
	Флаговый лист	Подфлаговый лист	Флаговый лист	Подфлаговый лист	Флаговый лист	Подфлаговый лист
Контроль без обработки						
Белок	-0.005	-0.501	-0.744*	-0.868*	-0.428	-0.770*
Клетчатка	0.740*	0.893*	0.651	0.658	0.821*	0.829*
Крахмал	0.208	0.541	0.617	0.683*	0.479	0.676*
Жир	0.463	0.815*	0.693*	0.769*	0.677*	0.860*
Некорневая обработка КАС-28						
Белок	-0.576	-0.611	-0.842*	-0.885*	-0.795*	-0.818*
Клетчатка	0.872*	0.918*	0.709*	0.824*	0.845*	0.941*
Крахмал	0.266	0.372	0.695*	0.732*	0.562	0.608
Жир	0.826*	0.899*	0.749*	0.856*	0.849*	0.949*
Некорневая обработка Амино Старт						
Белок	-0.029	-0.134	-0.718*	-0.712*	-0.484	-0.524
Клетчатка	0.768*	0.792*	0.670*	0.655	0.863*	0.863*
Крахмал	0.003	0.085	0.507	0.483	0.333	0.352
Жир	0.628	0.655	0.713*	0.692*	0.813*	0.808*

* Коэффициенты корреляции статистически значимы при $p \leq 0.05$.

Таким образом, в обоих опытных вариантах некорневой обработки отмечены статистически значимые корреляции всех показателей качества зерна и содержания Chl *b* в 2-х верхних листьях, тогда как для Chl *a* статистически значимой была связь только с содержанием в зерне клетчатки и жира.

Для практического использования в полевых условиях в качестве экспресс-метода оценки азотного состояния растений и принятия решения о необходимости некорневой обработки в последние годы все чаще используют портативные хлорофиллометры, иногда называемые N-тестерами, типа SPAD502, Yara NTester™ (Konica Minolta, Japan), или CCM200 (OptiSciences, USA). Отмечено, что показатели этих приборов, выражаемые в собственных единицах, коррелируют с суммарным содержанием хлорофилла в листьях зерновых культур [9, 11]. Поэтому нами были дополнительно рассчитаны коэффициенты парных корреляций между показателями качества зерна и суммарным содержанием хлорофилла в листьях растений ярового ячменя, также представленные в табл. 5.

Как следует из этих данных, суммарное содержание хлорофилла во флаговом листе коррелирует с содержанием в зерне клетчатки и жира во всех вариантах обработки, а при использовании КАС-28 — еще и с содержанием белка. Что касается подфлагового листа, то отмечены статистически значимые корреляции со всеми 4-мя показателями качества в контрольном варианте, но применение КАС-28,

усилив связи с белком, клетчаткой и жиром, привело к незначимости связи с содержанием крахмала. В случае с препаратом Амино Старт незначимыми стали связи с содержанием белка и крахмала. В основном это может быть объяснено низкими парными корреляциями с содержанием Chl *a*.

На основе данных о взаимосвязи анализируемых показателей были рассчитаны уравнения регрессии, показывающие количественное влияние изменения содержания пигментов в листьях на качество зерна (табл. 6).

Эти уравнения позволяют выявить действие некорневых обработок на эффективность работы пигментного аппарата. Например, увеличение содержания суммарного хлорофилла во флаговом листе на 1 мг/г сухой массы в контрольном варианте приводило к повышению содержания клетчатки на 0.251, КАС-28 — на 0.225, Амино Старт — на 0.396%. Для содержания жира в зерне аналогичные величины равны 0.125, 0.114 и 0.187%. Отсюда следует, что по сравнению с контролем без обработки применение КАС-28 несколько снижало эффективность использования фотоассимилятов для синтеза клетчатки и жира (на 10.4 и 8.8%), а применение Амино Старт, наоборот, существенно повышало (на 57.8 и 49.6%).

Аналогично для подфлагового листа повышение содержания хлорофилла на 1 мг/г сухой массы соответствовало повышению эффективности синтеза клетчатки при обработке КАС-28 на 10.4%, Амино

Таблица 6. Уравнения регрессии, количественно связывающие суммарное содержание хлорофилла в листьях и показатели качества зерна ярового ячменя

Показатель качества зерна	Вариант обработки	Уравнение регрессии	Коэффициент детерминации R^2
Флаговый лист			
Белок	КАС-28	$Y = -0.256X + 14.412$	0.63
Клетчатка	Контроль	$Y = 0.251X + 0.938$	0.67
	КАС-28	$Y = 0.225X + 1.344$	0.71
	Амино Старт	$Y = 0.396X - 0.944$	0.74
Жир	Контроль	$Y = 0.125X + 0.498$	0.46
	КАС-28	$Y = 0.114X + 0.601$	0.72
	Амино Старт	$Y = 0.187X - 0.351$	0.66
Подфлаговый лист			
Белок	Контроль	$Y = -0.221X + 14.391$	0.59
	КАС-28	$Y = -0.211X + 14.054$	0.67
Клетчатка	Контроль	$Y = 0.182X + 1.412$	0.69
	КАС-28	$Y = 0.201X + 1.412$	0.88
	Амино Старт	$Y = 0.346X - 0.797$	0.74
Жир	Контроль	$Y = 0.114X + 0.334$	0.74
	КАС-28	$Y = 0.102X + 0.629$	0.90
	Амино Старт	$Y = 0.162X - 0.265$	0.65
Крахмал	Контроль	$Y = 0.445X + 45.216$	0.46

Старт – почти в 2 раза, на 90.1%. Синтез жира усиливался при обработке Амино Старт на 42.1, а при обработке КАС-28, наоборот, снижался на 10.5%. Вероятно, препарат КАС-28 снижал эффективность улавливания фотосинтетически активной радиации молекулами хлорофилла, поскольку, по мнению авторов работы [31], концентрация жира в зерне определяется главным образом количеством солнечной энергии, улавливаемой растениями в период созревания зерна.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные данные о содержании в зерне 3-х сортов ярового ячменя белка (8.44–13.1%), крахмала (47.7–56.7%), клетчатки (2.,81–5.95%) и жира (1.37–3.00%) укладываются в типичный для этого вида предел варьирования исследованных показателей. Для каждого из изученных параметров качества отмечены значимые отличия в вариантах применения некорневой обработки в конкретные годы исследования.

В целом погодные условия года вегетации в проведенном эксперименте оказали основное влияние на изменчивость содержания хлорофиллов в листьях: для Chl *a* во флаговом листе – 79.4, в подфлаговом – 84.5%, для Chl *b* во флаговом листе – 60.0, в подфлаговом – 57.4%. Влияние некорневой обработки было сильнее, чем фактора “сорт” в обоих листьях для Chl *a* (1.4, 1.9 и 0.7, 0.5% соответственно), для Chl *b* – наоборот (1.1, 2.7

и 2.2, 4.3% соответственно). В среднем в опыте выявлено отрицательное влияние некорневых обработок на содержание пигментов в подфлаговом листе: изменение содержания Chl *a* под влиянием КАС-28 было в пределах –2.2...12.0%, под влиянием Амино Старт – –2.9...9.9%; Chl *b* – –1.7... –13.3% (КАС-28) и 14.1...1.2 (Амино Старт). Во флаговом листе некорневые обработки привели к повышению содержания пигментов в 2020 г. (2.4–3.5%), в 2022 г. положительное влияние было отмечено только в варианте обработки КАС-28 (прирост 2.7% содержания Chl *a* во флаговом листе). В остальных вариантах в 2022 г. и всех вариантах в 2021 г. выявлено снижение содержания пигментов на 5.0–11.2%.

В разные годы опыта влияние некорневых обработок было статистически значимым для обеих форм хлорофиллов в обоих листьях, варьируя от 2.5% (Chl *b* во флаговом листе в 2020 г.) до 50.8% (Chl *a* во флаговом листе в 2021 г.).

Применение КАС-28 усилило связь показателей качества зерна с содержанием хлорофилльных пигментов 2-х верхних листьев по сравнению с контрольным вариантом. В дополнение к выявленному в контрольном варианте, отмечены новые пары признаков, значимо коррелирующие друг с другом при $p \leq 0.05$: содержание Chl *a* во флаговом листе и жира в зерне; Chl *b* во флаговом листе и клетчатки и крахмала в зерне; Chl *b* в подфлаговом листе и клетчатки в зерне. Влияние препарата Амино Старт было неоднозначным: связи

содержания Chl *a* в подфлаговом листе и клетчатке в зерне, Chl *b* в обоих листьях и белка в зерне, Chl *b* в подфлаговом листе и жира в зерне несколько ослабли; стали незначимыми связи содержания Chl *a* в подфлаговом листе с содержанием жира, как и Chl *b* в подфлаговом листе и крахмала. В то же время связи в парах “Chl *a* во флаговом листе—клетчатка в зерне” и “Chl *b* во флаговом листе—жир в зерне” усилились; связь содержания Chl *b* в подфлаговом листе и клетчатки в зерне стала статистически значимой.

Суммарное содержание хлорофилла (Chl *a* + Chl *b*) во флаговом листе коррелировало с содержанием в зерне клетчатки и жира во всех вариантах обработки, а при использовании КАС-28 — еще и с содержанием белка. Для подфлагового листа отмечены значимые корреляции со всеми показателями качества в контрольном варианте, но применение КАС-28, усилив связи с белком, клетчаткой и жиром, привело к незначимости связи с содержанием крахмала. В варианте применения Амино Старт незначимыми стали связи с содержанием белка и крахмала. Согласно уравнениям регрессии, увеличение содержания суммарного хлорофилла во флаговом листе на 1 мг/г сухой массы привело к повышению содержания клетчатки в контрольном варианте на 0.251, КАС-28 — на 0.225, Амино Старт — на 0.396%. Для содержания жира в зерне аналогичные величины были равны 0.125, 0.114 и 0.187%. Таким образом, по сравнению с контролем без обработки, применение КАС-28 снижало эффективность использования фотоассимилятов для синтеза клетчатки и жира (на 10.4 и 8.8%), а применение Амино Старт, наоборот, существенно повышало (на 57.8 и 49.6%). Аналогично для подфлагового листа, повышение содержания хлорофилла на 1 мг/г сухой массы соответствовало усилению эффективности синтеза клетчатки при обработке КАС-28 на 10.4%, Амино Старт — почти в 2 раза, на 90.1%. Синтез жира увеличивался при обработке Амино Старт на 42.1, а при обработке КАС-28, наоборот, снижался на 10.5%.

В целом, полученные данные указывали на возможность прогноза содержания основных показателей качества зерна ярового ячменя по содержанию хлорофилльных пигментов во флаговом или подфлаговом листьях растений в фазе цветения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Naibaho J., Korzeniowska M., Wojdyło A., Figiel A., Yang B., Laaksonen O., Foste M., Vilu R., Viiard E. The potential of spent barley as a functional food ingredient: study on the comparison of dietary fiber and bioactivity // *Proceedings*. 2021. V. 70. № 1. Art. 86. https://doi.org/10.3390/foods_2020-08486
2. Biel W., Jacyno E. Chemical composition and nutritive value of spring hulled barley varieties // *Bulgar. J. Agr. Sci.* 2013. V. 19. № 4. P. 721–727.
3. Towfiq S.I., Abdulqader S.H., Ahmad K.R., Hama S.J. Response of grain yield and its components to organic matter and removal of some photosynthetic organs of durum wheat (*Triticum aestivum* L.) in two years of Sulaimani — Iraq region // *Int. J. Plant Anim. Environ. Sci.* 2015. № 5. P. 134–140.
4. López-Bellido R.J., Shepherd C.E., Barraclough P.B. Predicting post-anthesis N requirements of bread wheat with Minolta SPAD meter // *Eur. J. Agron.* 2004. V. 20. № 3. P. 313–320. [https://doi.org/10.1016/S1161-0301\(03\)00025-X](https://doi.org/10.1016/S1161-0301(03)00025-X)
5. Racz I., Hirişcău D., Berindean I., Kadar R., Muntean E., Tritean N., Russu F., Ona A., Muntean L. The influence of flag leaf removal and its characteristics on main yield components and yield quality indices on wheat // *Agronomy*. 2022. V. 12. № 10. Art. 2545. <https://doi.org/10.3390/agronomy12102545>
6. Vicente R., Vergara-Díaz O., Medina S., Chairi F., Kefauver S.C., Bort J., Serret M.D., Aparicio N., Araus J.L. Durum wheat ears perform better than the flag leaves under water stress: Gene expression and physiological evidence // *Environ. Exp. Bot.* 2018. V. 153. P. 271–285. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2018.06.004>
7. Fuertes-Mendizábal T., Estavillo J.M., Duñabestia M.K., Huérfano X., Castellón A., González-Murua C., Aizpurua A., González-Moro M.B. ¹⁵N natural abundance evidences a better use of N sources by late nitrogen application in bread wheat // *Front. Plant Sci.* 2018. V. 9. Art. 853. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00853>
8. Jaeger A., Zannini E., Sahin A.W., Arendt E.K. Barley Protein properties, extraction and applications, with a focus on brewers' spent grain protein // *Foods*. 2021. V. 10. Art. 1389. <https://doi.org/10.3390/foods10061389>
9. Aranguren M., Castellón A., Aizpurua A. Wheat grain protein content under mediterranean conditions measured with chlorophyll meter // *Plants*. 2021. V. 10. Art. 374. <https://doi.org/10.3390/plants10020374>
10. Kendal E. Relationship between chlorophyll and other features in durum wheat (*Triticum turgidum* L. var. *durum*) using SPAD and biplot analyses // *J. Agr. Sci. Tech.* 2015. V. 17. № 7. P. 1873–1886. <http://jast.modares.ac.ir/article-23-8081-en.html>
11. Ghassemi-Golezani K., Mousavi S.A. Improving physiological performance and grain yield of maize by salicylic acid treatment under drought stress // *J. Plant Physiol. Breed.* 2022. V. 12. № 2. P. 1–10. <https://dx.doi.org/10.22034/jppb.2022.16041>
12. Noskova E.N., Lisitsyn E.M., Shchennikova I.N., Svetlakova E.V. Top-dressing treatment of spring

- barley to modify its quality // *Food. Raw Mater.* 2023. V. 11. № 1. P. 106–115.
<https://doi.org/10.21603/2308-4057-2023-1-562>
13. *Абашев В.Д., Светлакова Е.В., Попов Ф.А., Носкова Е.Н., Денисова А.В.* Влияние возрастающих доз и соотношений минеральных удобрений на урожайность и качество зерна ячменя // *Аграрн. наука Евро-Северо-Востока.* 2016. № 1. С. 24–30.
 14. *Семенюк О.В.* Эффективность применения жидких органо-минеральных удобрений ПОЛИДОН® и стимулятора роста растений АльфастиМ® на посевах озимой пшеницы // *Земледелие.* 2017. № 1. С. 44–46.
 15. *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. V. 8. № 1. P. 1956–1963.
<https://doi.org/10.20546/ijcmas.2019.801.205>
 16. *Есаулко А.Н., Гарибджанян Г.А., Голосной Е.В., Громова Н.В.* Эффективность применения жидких и твердых азотных минеральных удобрений в ранневесеннюю подкормку посевов озимой пшеницы // *Земледелие.* 2020. № 3. С. 38–40.
<https://doi.org/10.24411/0044-3913-2020-10310>
 17. *Lichtenthaler H.K., Buschmann C.* Chlorophylls and carotenoids: measurement and characterization by UV–VIS spectroscopy // *Current Protocols in Food Analytical Chemistry (CPFA)* / Eds. Wrolstad R.E., Acree T.E., An H., Decker E.A., Penner M.H., Reid D.S., Schwartz S.J., Shoemaker C.F., Sporns P.N.Y.: John Wiley and Sons, 2001. F4.3.1–F4.3.8.
<https://doi.org/10.1002/0471142913.faf0403s01>
 18. *Филиппов Е.Г., Донцова А.А., Донцов Д.П., Буланова А.А., Игнатьева Н.Г.* Качество зерна коллекционных образцов озимого ячменя // *Зерн. хоз-во России.* 2018. № 3. С. 39–43.
<https://doi.org/10.31367/2079-8725-2018-57-3-39-43>
 19. *Ortiz L.T., Velasco S., Treviño J., Jiménez B., Rebolé A.* Changes in the nutrient composition of barley grain (*Hordeum vulgare* L.) and of morphological fractions of sprouts // *Scientifica.* 2021. V. 2021. Art. 9968864.
<https://doi.org/10.1155/2021/9968864>
 20. *Ain H.B.U., Saeed F., Ahmad N., Imran A., Niaz B., Afzaal M., Imran M., Tufail T., Javed A.* Functional and health-endorsing properties of wheat and barley cell wall's non-starch polysaccharides // *Inter. J. Food Propert.* 2018. V. 21. № 1. P. 1463–1480.
<https://doi.org/10.1080/10942912.2018.1489837>
 21. *Сумина А.В., Полонский В.И.* Содержание ценных веществ в зерне ячменя, выращенного в контрастных климатических условиях // *Сибир. вестн. сел.-хоз. науки.* 2020. Т. 50. № 1. С. 23–31.
<https://doi.org/10.26898/0370-8799-2020-1-3>
 22. *Izydorczyk M., Nam S., Sharma A., Kletke J.* Exploring dry grain fractionation as a means to valorize high-protein malting barley // *Cereal Chem.* 2021. V. 98. P. 840–850.
<https://doi.org/10.1002/cche.10426>
 23. *Havrilentova M., Babulicová M., Dyulgerova B., Hendrichová J., Valcheva D., Vulchev D., Hašana R.* Grain quality of spring barley genotypes grown at agro-ecological conditions of the Slovak Republic and the Republic of Bulgaria // *J. Centr. Eur. Agricult.* 2020. V. 21. № 4. P. 775–788.
<https://doi.org/10.5513/JCEA01/21.4.2980>
 24. *Николаев П.Н., Юсова О.А., Аниськов Н.И., Сафонова И.В.* Агробиологическая характеристика голозерных сортов ячменя селекции Омского АНЦ // *Тр. по прикл. бот., генет. и селекции.* 2019. Т. 180. № 1. С. 38–43.
<https://doi.org/10.30901/2227-8834-2019-1-38-43>
 25. *Biel W., Kazimierska K., Bashutska U.* Nutritional value of wheat, triticale, barley and oat grains // *Acta Sci. Pol. Zootech.* 2020. V. 19. № 2. P. 19–28.
<https://doi.org/10.21005/asp.2020.19.2.03>
 26. *Nagata N., Tanaka R., Tanaka A.* The major route for chlorophyll synthesis includes [3,8-divinyl]-chlorophyllide a reduction in *Arabidopsis thaliana* // *Plant Cell Physiol.* 2007. V. 48. P. 1803–1808.
<https://doi.org/10.1093/pcp/pcm153>
 27. *Momen M.B.H., Razzak A., Rahman T.M.R., Yasmin M.N., Salahin M., Khan T.A., Islam M.R.* Improvement of leaf chlorophyll content and yield of maize through calibration of optimum basal and top dressing urea // *Inter. J. Asian Contempor. Res.* 2022. V. 2(3). P. 80–86.
 28. *Zhou X., Kono Y., Win A., Matsui T., Tanaka T.S.T.* Predicting within-field variability in grain yield and protein content of winter wheat using UAV-based multispectral imagery and machine learning approaches // *Plant Prod. Sci.* 2020. V. 24. № 2. P. 1–15.
<https://doi.org/10.1080/1343943X.2020.1819165>
 29. *Acreche M.M., Slafer G.A.* Variation of grain nitrogen content in relation with grain yield in old and modern Spanish wheats grown under a wide range of agronomic conditions in a Mediterranean region // *J. Agric. Sci.* 2009. V. 147. P. 657–667.
<https://doi.org/10.1017/S0021859609990190>
 30. *Argenta G., Silva P.R.F., Bortolini C.G., Forsthofer E.L., Strieder M.L.* Relationship of reading with the chlorophyll content of chlorophyll and extractable nitrogen in maize leaf // *Rev. Bras. Fisiol. Veg.* 2001. V. 13. P. 158–167.
 31. *Izquierdo N., Aguirrezábal L.* Genetic variability in the response of fatty acid composition to minimum night temperature during grain filling in sunflower // *Field Crop Res.* 2008. V. 106. № 2. P. 116–125.
<https://doi.org/10.1016/j.fcr.2007.10.016>

Effect of Top-Dressing on Chlorophyll Content in Barley Leaves and Its Relation to Grain Quality Parameters

E. N. Noskova^a, E. M. Lisitsyn^{a,#}

¹ Rudnitsky Federal Agricultural Research Center of the North-East,
ul. Lenina 166a, Kirov 610007, Russia

[#]E-mail: edaphic@mail.ru

The effect of top-dressing at tillage phase by Polydon® Amino Start organo-mineral fertilizer and KAS-28 liquid mineral fertilizer on the state of the leaf pigment complex of spring barley cv. Novichok, Rodnik Prikamya and Pamyati Rodinoy and its relationship with grain quality parameters was studied under field conditions of the Kirov region of the Russian Federation in 2020–2022. Significant effect of top-dress treatments on pigment content in the flag and second leaves was revealed. The use of top-dressing with KAS-28 enhanced the association of grain quality parameters with the chlorophyll pigment content of the two upper leaves compared to the control variant. The effect of Amino Start was not uniform: some of the connections were somewhat weakened compared to the control, some intensified, and some became statistically significant. The total content of chlorophyll correlated with the content of cellulose and fat in the grain in all treatments. Compared to controls, the use of top-dress treatments altered the effectiveness of using of photoassimilates of both leaves for cellulose and fat synthesis. The obtained data indicate the possibility of predicting the content of the main parameters of spring barley's grain quality by the content of chlorophyll pigments in flag or second leaves of plants during the flowering phase.

Keywords: pigments, protein, starch, cellulose, fat, correlation, flag leaf, second leaf.