

ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ СОРТОВ ЯЧМЕНЯ

Т.Г. ГОЛОВА, кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID ID: 0000-0003-3296-1984
Л.А. ЕРШОВА, кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID ID: 0000-0001-8568-2837
Г.В. ЧЕВЕРДИНА, кандидат биологических наук, ORCID ID: 0000-0003-4656-5421

ФГБНУ «ВОРОНЕЖСКИЙ ФАНЦ ИМЕНИ В.В. ДОКУЧАЕВА», E-mail: niish1c@mail.ru

*Изучение сортов ячменя степного и западноевропейского происхождения, проведено в центральной части Воронежской области (ФГБНУ «Воронежский ФАНЦ имени В.В. Докучаева») в 2019-2021 годах. Образцы выращивались по предшественнику горох на зерно на почвенном фоне без удобрений и с применением сложного удобрения по 60 кг д. в. на гектар при посеве. Повышенной зерновой продуктивностью из степной группы выделяется сорт Таловский 9, из западноевропейской – сорт Эксплоер. Прибавка урожайности при использовании комплексного удобрения в дозе 60 кг действующего вещества на гектар у степных форм в среднем составила 9,3%, наибольший эффект отмечен у сортов Медикум 157 (17,0%) и Таловский 9 (10,0%). У сортов западноевропейской группы прибавки в целом были более значимы (в среднем 15,5%), с максимальным выражением у сортов Зу заза, Зу сурен (20,0-23,6%). Зерновая продуктивность растений с 1 м² максимально сопряжена с содержанием хлорофилла в фазу кущения: $r=0,78^{***}$, менее значима зависимость в фазы цветения и молочной спелости $r=0,36^*$, $0,39^*$. Уровень содержания хлорофилла в фазе кущения в наших условиях с высокой достоверностью положительно взаимосвязан с показателями продуктивной кустистости ($r=0,75^{***}$, $0,78^{***}$) и продуктивного стеблестоя ($r=0,68^{**}$, $0,75^{***}$), с использованием удобрений зависимость снижается. В фазу цветения содержание хлорофилла максимально взаимосвязано с формированием элементов продуктивности: массы зерна с главного колоса ($r=0,65^{**}$, $0,85^{***}$), на неудобренном фоне зависимость сильнее, и массы зерна с растения ($r=0,63^{**}$, $0,66^{**}$). Уровень содержания хлорофилла в фазе кущения можно использовать в селекционном процессе, при оценке и отборах на повышенную продуктивность.*

Ключевые слова: ячмень, сорт, удобрения, продуктивность, хлорофилл, корреляция.

Для цитирования: Голова Т.Г., Ершова Л.А., Чевердина Г.В. Влияние минерального питания на продуктивность сортов ячменя. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2023; 1(45):109-120. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-1-109-120

THE EFFECT OF MINERAL NUTRITION ON THE PRODUCTIVITY OF BARLEY VARIETIES

T.G. Golova, L.A. Ershova, G.V. Cheverdina

FSBSI V.V. DOKUCHAEV FEDERAL AGRARIAN RESEARCH CENTER, VORONEZH

Abstract: *The study of barley varieties of steppe and Western European origin was conducted in the central part of the Voronezh region (FSBSI "Voronezh FARC named after V.V. Dokuchaev") in 2019-2021. Samples were grown on the predecessor of peas for grain on the soil background without fertilizers and using a complex fertilizer of 60 kg of active substance on the hectare when sowing. From the steppe group, the Talovsky 9 variety stands out with increased grain productivity, from the western-European – Explorer. An increase in productivity on average when using a*

*complex fertilizer at a dose of 60 kg active substance per hectare in steppe forms was 9.3%, with the greatest effect in the varieties Medicum 157 (17.0%) and Talovsky 9 (10.0%). In the varieties of the Western European group, the increases are more significant, on average 15.5%, they are most pronounced in the varieties Zu Zaza, Zu Suren (20.0-23.6%). The maximum grain productivity of plants from m² is associated with the content of chlorophyll in the tillering phase: $r=0.78^{***}$, the dependence is less significant in the subsequent phases: flowering and milk ripeness $r=0.36^*$, 0.39^* . The level of chlorophyll content in the tillering phase in our conditions is positively correlated with the indicators of productive bushiness with high reliability ($r=0.75^{***}$, 0.78^{***}) and a productive stem ($r=0.68^{**}$, 0.75^{***}), with the use of fertilizers, the dependence is reduced. During the flowering phase, the chlorophyll content is maximally interconnected with the formation of productivity elements: the mass of grain from the main ear ($r=0.65^{**}$, 0.85^{***}), on a non-windy background, the dependence is stronger, and the grain mass from the plant ($r=0.63^{**}$, 0.66^{**}). The level of chlorophyll content in the tillering phase can be successfully used in the breeding process, during evaluation and selection for increased productivity.*

Keywords: barley, variety, fertilizers, productivity, chlorophyll, correlation.

Введение

Ячмень является одной из основных зернофуражных культур в Российской Федерации, в том числе и в Воронежской области, где площади посева ярового ячменя варьируют по годам от 392,9 до 438,8 млн. га, что составляет до 30,5-37,0% в группе зерновых культур. Также ячмень – это одна из самых отзывчивых на улучшение условий выращивания культура, несмотря на короткий вегетационный период, он способен формировать высокую урожайность. В условиях производства яровой ячмень чаще всего высевают в заключительном поле севооборота, в котором отмечается дефицит основных элементов питания в почве и возникает потребность в применении удобрений. Наиболее рациональным, как с агрономической, так и с экономической точек зрения, является возделывание ячменя в зернопропашном севообороте в комплексе с использованием минеральных удобрений в дозе NPK-60 [1, 2].

Воронежская область расположена на юго-востоке Центрально-Черноземной зоны, характеризующейся резко континентальным климатом и крайне неустойчивым увлажнением по годам и в течение вегетационного периода. В настоящее время метеоусловия изменяются в сторону увеличения нарастания ростигибирующих температур в период вегетации и характеризуются повышенной нестабильностью. В производстве возделываются сорта ярового ячменя кормового и пивоваренного использования. Группа кормовых ячменей представлена сортами отечественного происхождения, чаще степного или лесостепного биотипов. Эти сорта адаптированы к местным засушливым метеоусловиям, отличаются более стабильной по годам урожайностью. Сорта, относящиеся к западноевропейской агроэкологической группе, созданы в благоприятных по влагообеспеченности климатических условиях, требуют для достижения высокой урожайности использование минеральных удобрений.

В основе продукционного процесса лежит фотосинтез, однако его связь с продуктивностью не всегда однозначна. Растения при помощи пигмента хлорофилла поглощают энергию солнечного света и с ее помощью из углекислого газа, воды и минеральных солей создают разнообразные органические вещества. В среднем за период вегетации показатели, характеризующие мощность развития фотосинтетического аппарата и длительность его работы, достаточно тесно коррелируют с элементами продуктивности. Известно также, что у растений пшеницы одного сорта, выращенных в одинаковых погодных условиях, но с разной обеспеченностью минеральным питанием, зерновая продуктивность тесно связана с содержанием хлорофилла в листьях в отдельные фазы вегетации растений [3, 4]. Ранее нами на ячмене было показано, что высокий уровень содержания хлорофилла в засушливых условиях способствует получению выполненного зерна [5].

Материал и условия исследований

Изучение сортов проведено в центральной части Воронежской области (ФГБНУ «НИИСХ ЦЧП», Каменная Степь) в 2019-2021 годах. Почва селекционного севооборота представлена черноземом обыкновенным среднемощным, с содержанием гумуса до 6,4–6,8%, показатели накопления общих форм азота – 0,31%, фосфора – 0,118% и калия – 0,239%. Образцы представлены двумя группами сортов: степного происхождения – Таловский 9, Медикум 157, Щедрый, Донецкий 8, Абалак; западноевропейского – Зу заза, Зу сурен, Эксплоер, Эйфель, Даниэлле. Образцы выращивались по предшественнику горох на зерно на почвенном фоне без удобрений и с применением сложного удобрения по 60 кг действующего вещества на гектар при посеве (нитрофоска марка NPK 16:16:16). Удобрения вносились совместно с посевом семян, путем предварительного смешивания, на делянки площадью 2 м². Посев производился селекционной сеялкой СУ-10, учетная площадь один квадратный метр в четырехкратной повторности. Анализ растений по структурным элементам производился в полной спелости, на содержание хлорофилла – по фазам развития: кущение, цветение и молочная спелость.

Метеорологические условия проведения опытов были разнообразными, но температурный фактор в межфазные периоды колошение – спелость однозначно менялся в сторону повышения, по сравнению со среднемноголетними данными. За периоды вегетации 2019-2021 годов превышение среднедекадных температур над многолетними данными составило от 8,3 до 16,6% (табл. 1).

Таблица 1

Метеоусловия за период изучения

Годы, показатели	Апрель		Всходы-колошение		Колошение-спелость		Период вегетации	
	% к ср. мн.	ГТК	% к ср. мн.	ГТК	% к ср. мн.	ГТК	% к ср.мн.	ГТК
Сумма среднедекадных температур, °С								
2019	130,8	0,60	118,8	0,57	106,1	0,84	111,8	0,71
2020	93,0	2,31	97,3	1,41	117,3	0,73	108,3	0,90
2021	120,7	0,99	79,9	1,63	125,6	0,74	116,6	0,94
ср. мн.	22,7	1,49	62,3	1,00	77,0	0,98	139,3	0,99
Количество выпавших осадков, мм								
2019	53,2		67,8		91,5		80,8	
2020	146,5		111,0		88,0		98,4	
2021	80,0		130,4		95,9		111,5	
ср. мн.	34,0		62,5		75,6		138,1	

Примечание: ср. мн. – средние многолетние значения

Количество осадков за представленный период было недостаточным в 2019 и 2020 годах, и составило 80,8 и 98,4% в сравнении со среднемноголетними значениями, превышение отмечено только в 2021 году на 11,5%. По фазам развития ячменя период колошение – спелость однозначно жаркий и сухой за все годы: ГТК составил от 0,73 до 0,84. В целом следует охарактеризовать 2019 год как сухой с повышенными температурами всего периода вегетации. В 2020-21 годах до колошения складывались оптимальные условия для развития ячменя при комфортных температурах и повышенной влагообеспеченности, особенно в 2021 году. Однако дальнейший период до спелости сложился максимально жестко: ГТК составил 0,73 и 0,74 соответственно. Таким образом, метеоусловия вегетационных периодов ячменя за 2019-2021 годы объективным образом характеризуют спектр разнообразия погодных условий центральной части Воронежской области.

Статистическая обработка данных проведена по Б.А. Доспехову (1985), оценка пластичности (b_i) по Пакудину В.З., Лопатиной Л.М. [6]. Определение содержания

хлорофилла по фазам онтогенеза осуществлялось экстракцией 96% этанолом спектрофотометрическим методом.

Результаты и их обсуждение

Продуктивность изученных сортов в опыте, представленная в таблице 2 и на рисунке, позволяет говорить о том, что биотип сортов, обусловленный местом их происхождения, имеет решающее значение в формировании урожайности по годам. В посевах без применения удобрений во влагообеспеченном 2021 году сорта западноевропейской группы однозначно были более продуктивными на $70,1 \text{ г/м}^2$, в среднезасушливых и засушливых условиях 2020 и 2019 годов степные формы превышали конкурентов на 120,9 и 24,3 г/м^2 . В оптимальных по увлажненности условиях 2021 года лучшими по продуктивности были сорта Зу сурен и Эксплоер ($601,5$ и $626,5 \text{ г/м}^2$), также высокую продуктивность сформировали западные сорта Зу заза и Эйфель ($544,0$ и $541,8 \text{ г/м}^2$), на таком же уровне была получена масса зерна с квадратного метра у степных сортов Таловский 9 и Донецкий 8 ($533,8$ и $523,5 \text{ г/м}^2$). В засушливых условиях 2019 года лучшими по продуктивности были степные сорта Таловский 9 и Медикум 157 ($256,5$ и $249,0 \text{ г/м}^2$), на таком же уровне сформирована зерновая продуктивность у сорта Эйфель из западноевропейской группы. В среднем за годы исследований более высокую продуктивность сформировали степные сорта Таловский 9, Донецкий 8 и из западных – Эксплоер. Выделившиеся степные формы показывали в данном опыте средний уровень пластичности (0,91, 0,99), что говорит о более высокой стабильности формирования продуктивности по годам, западные сорта при более низкой средней продуктивности показывают высокие индексы пластичности (1,18-1,38), сильнее реагируют на изменение условий возделывания.

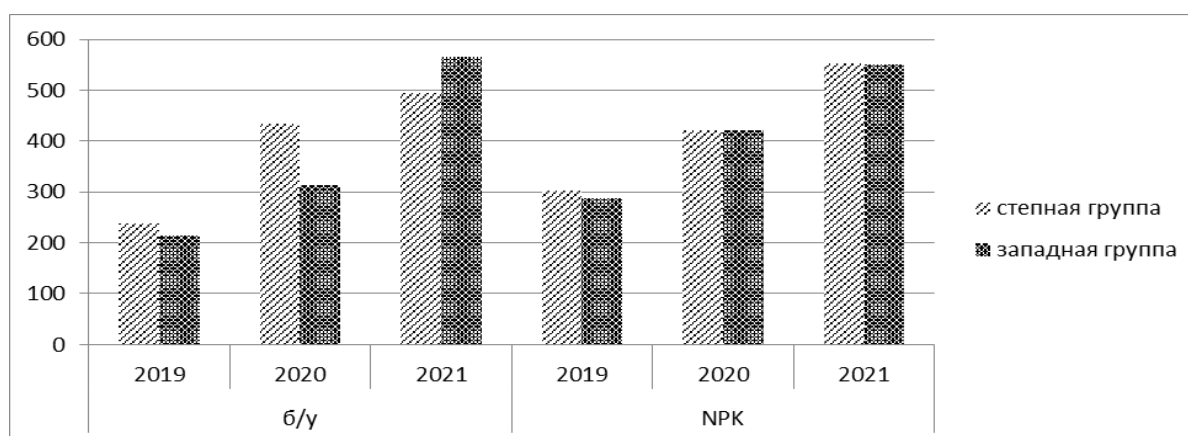


Рис. Продуктивность групп сортов ячменя в различных вариантах удобрения почвы: б/у – без применения удобрений; NPK – доза по 60 кг д. в-ва на гектар

На удобренном фоне (NPK-60) показатели продуктивности по группам сортов выравниваются: во влажных условиях степные сорта достигают уровня западных, в сухие годы наоборот западные сорта подтягиваются до значений степных (табл. 2, рис. 1). Из степной группы выделяется повышенной зерновой продуктивностью сорт Таловский 9, из западной – Эксплоер, причем высокую продуктивность эти сорта формировали как в благоприятном по увлажненности 2021 году ($583,8$ - $610,8 \text{ г/м}^2$), так и в засушливом 2019 – $339,0$ - $350,0 \text{ г/м}^2$. Индекс пластичности у них представлен средними значениями, что указывает на более высокую приспособленность к местным условиям неравномерности температур и увлажненности по годам. Прибавка массы зерна с единицы площади в среднем при использовании комплексного удобрения в дозе 60 кг д. вещества на гектар у степных форм составила 9,3% с наибольшим эффектом у сортов Медикум 157-17,0% и Таловский 9-10,0%. У сортов западноевропейской группы прибавки более значимы, в среднем 15,5%, они максимально выражены у сортов Зу заза, Зу сурен (20,0-23,6%).

Таблица 2

Продуктивность сортов, (г/м²)

Название сортов	Фон - без удобрений					Фон – НРК-60					
	2021	2020	2019	среднее	Пластичность	2021	2020	2019	Среднее	Пластичность	Прибавка %
Таловский 9	533,8	447,4	256,5	412,6	0,91	610,8	403,8	350,0	454,9	1,02	10,0
Медикум 157	460,0	441,2	249,0	383,4	0,69	534,5	458,7	353,2	448,8	0,70	17,0
Щедрый	476,2	408,1	236,5	373,6	0,78	546,5	406,7	266,0	406,4	1,09	8,8
Донецкий 8	523,5	452,3	220,0	398,6	0,99	539,5	442,8	250,0	410,8	1,12	3,1
Абалак	483,8	420,9	226,0	376,9	0,85	536,8	391,0	290,0	405,9	0,96	7,7
степная группа	495,5	434,0	237,6	389,0		553,6	420,6	301,8	425,3		9,3
Зу заза	544,0	321,8	185,5	350,4	1,18	545,0	516,5	238,0	433,2	1,18	23,6
Зу сурен	601,5	227,2	183,0	337,2	1,38	583,8	397,0	233,0	404,6	1,36	20,0
Эксплоер	626,5	357,3	213,5	399,1	1,36	583,8	433,3	339,0	452,0	0,95	13,2
Ейфель	541,8	341,3	247,0	376,7	0,97	535,0	398,8	322,5	418,8	0,83	11,2
Даниэлле	514,0	318,0	237,5	356,5	0,91	510,2	357,4	304,0	390,5	0,80	9,5
западная группа	565,6	313,1	213,3	364,0		551,6	420,6	287,3	419,6		15,5
<i>НСР₀₅</i>	<i>31,4</i>	<i>45,1</i>	<i>15,0</i>			<i>17,4</i>	<i>25,5</i>	<i>25,6</i>			
влияние генотипа, %	42,5	79,2	45,3			30,6	70,5	40,1			

Морфологические различия изучаемых групп состоят в высокорослости степных сортов – 69,0 и 73,1 см на разных почвенных фонах, у западных форм длина стебля на 8,2 и 9,8 см короче, и более длинном главном колосе у западноевропейских сортов: 7,8 и 8,4 см соответственно (табл. 3). По элементам продуктивности между группами существенных различий не наблюдается, хотя следует отметить более высокую продуктивную кустистость, массу главного колоса и продуктивный стеблестой в варианте без удобрений у степных сортов. С использованием удобрений значения этих показателей у изученных групп сортов выравниваются, а по продуктивной кустистости у западноевропейских сортов происходит более значительное увеличение. Наиболее отзывчивы на улучшение плодородия почвы усилением продуктивного кущения сорта: Таловский 9, Зу заза, Ейфель, до 22,4-24,2%. Показатель массы 1000 зерен по группам не имеет существенных различий, как в одной, так и в другой группе есть сорта более крупнозерные (Медикум 157 и Эксплоер) и с пониженными значениями (Щедрый, Абалак и Даниэлле), последние характеризовались низкой продуктивностью.

Массу зерна с единицы площади в наших условиях максимально определяет продуктивный стеблестой, который обуславливается складывающимися в период вегетации метеоусловиями и адаптационными свойствами сортов. Как показывают полученные данные (табл. 3), в благоприятный по увлажненности год этот показатель был максимальным с высокими значениями у западноевропейской группы – 1006 стеблей на квадратном метре на удобренном фоне. В разной степени в засушливые годы преимущество было у степных сортов: 688 и 829 шт на удобренном фоне в 2019 и 2020 годах соответственно, однако различия в целом по группам не были доказаны статистически. Однозначно лучшими по этому показателю были степные сорта Медикум 157 и Донецкий 8, из сортов западноевропейской группы – Зу заза, Ейфель и Даниэлле. Причем у этих сортов отмечены самые высокие значения количественного прироста стеблестоя при использовании удобрений: от 13,3 до 16,8%; минимальный ответ на улучшение фона плодородия был у самого возрастного степного засухоустойчивого сорта Донецкий 8.

Продукционный процесс растений находится в прямой зависимости с физиологическими показателями, на которые в свою очередь большое влияние оказывают погодные условия и порог чувствительности генотипа. В таблице 4 представлены данные содержания хлорофилла по фазам развития ячменя. В обеспеченном влагой 2021 году показатели содержания хлорофилла были близки по группам сортов и соответствовали оптимальному развитию растений. Максимальные значения хлорофилла в фазу кущения изучаемые образцы сохраняли до цветения при значительном снижении показателя у западноевропейских сортов к молочной спелости до 6,7-6,8 мг/г абсолютно сухого вещества в обоих вариантах удобренности, снижение значений к молочной спелости у степных сортов было не столь значительным: до 8,0-8,6 мг/г соответственно.

Метеорологические условия вегетации 2020 года с прохладной и влажной весной, а затем теплым влажным периодом до цветения позволили максимально накопить хлорофилл к середине вегетации – до 11,3-12,9 мг/г сух. вещества. Затем впоследствии засушливые условия обусловили более резкое снижение содержания хлорофилла к молочной спелости у сортов обеих групп на удобренном фоне до 6,9-6,0 мг/г по группам сортов: степной и западноевропейской, без удобрения у сортов степного экотипа снижение менее значительно до 8,2 мг/г сух. вещества.

Засушливые условия вегетации 2019 года с повышенным температурным режимом не способствовали оптимизации ростовых процессов, показатели содержания хлорофилла были низкими по всем фазам онтогенеза. При внесении удобрений показатели несколько улучшились до 8,5-8,8 мг/г сух. вещества, против 6,9-7,5 мг/г на неудобренном фоне. Снижение к молочной спелости также было менее значительным, чем в более благоприятные годы, значения не опускались ниже 6,3 мг/г сух. вещества, с тенденцией более значимого уменьшения показателя у западноевропейских сортов.

Морфологическая характеристика сортов, 2019-2021 гг.

Название сорта	Продуктивная кустистость, шт.		Высота растения, см		Длина колоса, см		Масса зерна с главного колоса, г		Масса зерна с растения, г		Масса 1000 зерен, г		Продуктивный стеблестой	
	б/у	НРК	б/у	НРК	б/у	НРК	б/у	НРК	б/у	НРК	б/у	НРК	б/у	НРК
Таловский 9	1,65	2,02	71,1	75,2	7,33	7,67	0,62	0,65	0,96	1,07	45,3	45,4	713,3	814,7
Медикум 157	1,84	2,17	68,4	71,4	6,27	6,70	0,63	0,73	1,12	1,21	47,3	46,1	802,7	921,7
Щедрый	1,62	1,66	69,5	73,2	8,33	8,50	0,70	0,70	1,05	1,15	41,9	42,2	711,0	801,3
Донецкий 8	1,97	1,75	71,7	73,8	7,60	7,40	0,66	0,67	0,94	1,14	44,2	45,2	844,0	853,7
Абалак	1,53	1,60	64,4	71,7	7,13	7,63	0,63	0,75	0,85	0,93	39,8	41,7	680,0	755,3
по группе	1,72	1,84	69,0	73,1	7,33	7,58	0,65	0,70	0,98	1,10	43,7	44,1	750,2	829,3
Зу Заза	1,65	2,05	60,1	62,7	7,27	7,77	0,54	0,71	0,89	1,12	43,6	43,1	767,3	885,3
Зу Сурен	1,60	1,84	57,3	61,2	8,20	8,63	0,63	0,74	0,99	1,16	44,5	44,1	719,3	765,0
Эксплоер	1,57	1,72	61,0	62,1	7,80	7,80	0,58	0,79	1,00	1,15	46,8	45,5	680,7	732,0
Ейфель	1,69	2,07	61,3	67,3	8,03	8,33	0,63	0,74	1,02	1,14	44,5	44,1	752,0	871,4
Даниелле	1,73	1,86	64,1	63,4	7,70	7,67	0,54	0,59	0,92	1,04	42,1	40,2	778,7	882,3
по группе	1,65	1,91	60,8	63,3	7,80	8,04	0,58	0,71	0,96	1,12	44,3	43,4	739,6	827,2
НСР ₀₅	0,08	0,11	3,1	3,4	0,35	0,33	0,03	0,03	0,04	0,05	1,31	1,11	30,9	36,8

Таблица 4

Содержание хлорофилла, (мг/г сыр. в-ва)

Название сортов	2021				2020				2019				Пластичность	Гомеостатич.
	Кушение	Цветение	Молоч. спел.	среднее	Кушение	Цветение	Молоч. спел.	среднее	Кушение	Цветение	Молоч. спел.	среднее		
	Фон – без применения удобрений													
Таловский 9	9,4	9,4	9,1	9,3	8,7	13,4	8,6	10,2	6,6	7,2	7,0	6,9	1,48	13,8
Медикум 157	10,7	10,8	8,3	9,9	7,1	12,0	7,9	9,0	6,4	8,2	7,1	7,2	1,20	20,4
Щедрый	10,9	9,3	8,1	9,4	6,9	13,1	7,9	9,3	7,5	7,9	7,4	7,6	0,92	42,2
Донецкий 8	10,2	10,1	8,0	9,4	8,3	13,1	8,2	9,7	6,8	8,9	5,9	7,2	1,23	22,5
Абалак	10,8	9,2	6,3	8,8	6,3	12,7	8,3	9,1	6,1	7,7	6,3	6,7	1,18	21,4
степная группа	10,4	9,8	8,0	9,36	7,5	12,9	8,2	9,46	6,9	7,3	7,0	7,12	1,20	24,1
Зу заза	8,9	8,9	6,1	8,0	7,5	12,1	7,0	8,9	5,5	6,5	5,7	5,9	1,32	12,5
Зу сурен	11,4	9,1	6,7	9,1	6,5	11,5	5,5	7,8	6,7	7,8	6,6	7,0	0,79	28,5
Эксплоер	9,2	9,9	5,6	8,2	7,3	11,3	6,0	8,2	6,7	8,6	6,5	7,3	0,47	133,4
Ейфель	11,6	10,1	7,1	9,6	7,4	11,0	7,5	8,6	8,1	8,7	7,0	7,9	0,65	52,1
Даниэлле	9,7	8,1	7,9	8,6	9,2	10,5	5,7	8,5	7,3	7,7	6,2	7,1	0,76	51,7
западная группа	10,2	9,2	6,7	8,70	7,6	11,3	6,3	8,40	7,0	7,5	6,6	7,04	0,80	55,6
	Фон – NPK-60 при посеве													
Таловский 9	13,9	11,6	10,0	11,8	9,7	13,0	8,2	10,3	5,7	8,9	7,1	7,2	2,18	8,8
Медикум 157	11,6	11,5	9,8	11,0	9,6	13,7	6,2	9,8	6,7	7,6	7,5	7,3	1,76	12,6
Щедрый	10,5	11,5	8,0	10,0	6,8	11,8	6,4	8,3	6,7	8,8	8,2	7,9	0,77	32,6
Донецкий 8	7,9	11,7	8,7	9,4	11,1	13,3	7,2	10,5	8,0	8,7	7,0	7,9	1,07	25,3
Абалак	9,3	9,4	6,4	8,4	9,1	11,8	6,4	9,1	7,3	9,5	6,8	7,9	0,43	99,1
степная группа	10,60	11,10	8,6	10,10	9,3	12,7	6,9	9,60	7,0	8,5	7,3	7,64	1,24	35,7
Зу заза	10,7	10,0	7,7	9,5	8,8	13,0	7,1	9,6	8,9	6,7	6,5	7,4	1,17	28,5
Зу сурен	9,8	9,0	6,6	8,5	7,7	13,7	6,0	9,1	8,2	8,2	6,7	7,7	0,57	72,3
Эксплоер	10,1	10,2	6,6	9,0	9,4	11,8	5,7	9,0	9,2	8,4	5,4	7,7	0,71	75,2
Ейфель	10,9	9,6	7,2	9,2	7,9	13,3	6,0	9,1	8,7	7,6	6,1	7,5	0,91	45,6
Даниэлле	11,0	9,7	6,0	8,9	9,6	11,8	5,0	8,8	8,8	8,8	6,8	8,1	0,42	212,1
западная группа	10,50	9,70	6,80	9,00	8,7	12,7	6,0	9,10	8,8	7,9	6,3	7,68	0,76	86,7
<i>HCP₀₅</i>	<i>0,54</i>	<i>0,44</i>	<i>0,67</i>		<i>0,54</i>	<i>0,61</i>	<i>0,71</i>		<i>0,42</i>	<i>0,44</i>	<i>0,33</i>	<i>0,54</i>		

Индексы пластичности и гомеостатичности, рассчитанные по средним значениям содержания хлорофилла за год, позволяют сделать заключение, что степные сорта сильнее реагируют на улучшение погодных условий, показывая высокие значения коэффициента регрессии (b_i), особенно на бедном агрофоне: от 0,92 до 1,48. У западноевропейских сортов накопление хлорофилла в онтогенезе происходит более стабильно, с высокими значениями индекса гомеостатичности: 55,6 и 86,7 по вариантам опыта. Физиологически фотосинтетический аппарат степных форм имеет более выраженный размах варьирования, т.е. генетическая память позволяет адекватно воспринимать стрессовые условия периодов вегетации, что и обуславливает их адаптивность.

Разнообразие погодных условий за периоды вегетации 2019-2021 гг. и использование разноплановых по питательности фонов позволило создать широкий спектр изменчивости основных элементов продуктивности в связи с физиологическими показателями в онтогенезе. В таблице 5 представлены коэффициенты корреляции используемых в селекции признаков с содержанием хлорофилла в разные фазы развития растений. Сразу следует оговориться, что отрицательные коэффициенты корреляции массы зерна с квадратного метра и массы 1000 зерен говорят о неординарной ситуации, когда наиболее высокой зерновой продуктивности, полученной в 2021 году, сопутствовало сильное полегание и последующие высокие температуры в период налива, зерно было получено со щуплым эндоспермом и низкой массой. Максимально продуктивность растений (масса зерна с 1 м^2) сопряжена с содержанием хлорофилла в фазу кущения ($r=0,78^{***}$), менее значима зависимость в фазы цветения и молочной спелости ($r=0,36^*$, $0,39$). В вариантах с использованием удобрений в фазе кущения взаимосвязь несколько ослабевает: $r=0,64^{**}$, добавляя влияние количества хлорофилла на продуктивность в фазе цветения с 13,0% до 17,6% (коэффициенты детерминации).

Уровень содержания хлорофилла в фазе кущения в обоих вариантах положительно с высокой достоверностью взаимосвязан с показателями продуктивной кустистости ($r=0,75^{***}$, $0,78^{***}$) и продуктивного стеблестоя ($r=0,68^{**}$, $0,75^{***}$), до средней степени – с высотой растения ($r=0,48^*$, $0,67^{**}$), на удобренном фоне коэффициенты корреляции ниже. В фазу цветения содержание хлорофилла максимально взаимосвязано с формированием элементов продуктивности: массы зерна с главного колоса ($r=0,65^{**}$, $0,85^{***}$, на неудобренном фоне зависимость сильнее), и массы зерна с растения ($r=0,63^{**}$, $0,66^{**}$). Взаимосвязь уровня хлорофилла с высотой растения усиливается до $r=0,73^{**}$ на удобренном фоне, в варианте без применения удобрений – слабее: $r=0,59^{**}$. Повышенное содержание хлорофилла в молочной спелости взаимосвязано с высокорослостью растений, т.е. степные генотипы имеют в эту фазу предпочтение, на неудобренном фоне до среднего уровня: $r=0,58^{**}$, на повышенном – взаимосвязь снижается: $r=0,37^*$. Неоднозначные коэффициенты корреляции содержания хлорофилла в молочной спелости с массой зерна главного колоса: слабая положительная на фоне без применения удобрений и слабая отрицательная с их внесением при посеве, можно объяснить резкими контрастами погодного фактора за годы изучения.

Показатель доли изменчивости, соответствующий каждому признаку, представлен как среднее значение коэффициентов детерминации, и характеризует уровень его изменчивости в данной корреляционной матрице (табл. 5). На показатель массы зерна с единицы площади приходится максимальная доля изменчивости: 34,4 и 32,2% на разных фонах удобренности. Количество хлорофилла в фазу кущения однозначно более значимо для развития растений на нулевом фоне удобренности: 31,7%, изменчивости против 22,4% на фоне с применением удобрений, что говорит о большей значимости этого показателя в стрессовых условиях вегетации. Вклады в изменчивость показателя содержания хлорофилла в фазу цветения менее значимы и не зависят от фона плодородия: 19,3 и 19,1% соответственно.

Коэффициенты корреляции продуктивности и содержания хлорофилла, 2019-2021 гг.

Показатели	Продуктивная куст.	Высота растений	Длина колоса	Масса зерна с гл.колоса	Масса зерна с растения	Масса 1000 зерен	Продук. стеблестой	Содержание хлорофилла по фазам			Доля изменений, %
								кущение	цветение	молочная спелость	
Фон – без применения удобрений											
Масса зерна с м ²	0,71***	0,84***	0,50**	0,21	0,54**	-0,51**	0,72***	0,78***	0,36*	0,39*	34,6
кол-во хл-ла											
кущение	0,78***	0,67**	0,48*	-0,08	0,40*	-0,64**	0,75***	-	0,10	0,27	31,7
цветение	0,11	0,59**	0,17	0,85***	0,63**	0,34*	0	0,10	-	0,41*	19,3
мол.спелость	0,31	0,58**	0,18	0,36*	0,28	-0,04	0,25	0,27	0,41*	-	11,3
Фон – НРК-60 при посеве											
Масса зерна с м ²	0,77***	0,78***	0,05	-0,04	0,52**	-0,64**	0,79***	0,64**	0,42*	0,36*	32,2
кол-во хл-ла											
кущение	0,75***	0,48*	0,10	-0,22	0,42*	-0,41*	0,68**	-	0,25	0,33*	22,4
цветение	0,31	0,73***	0,03	0,65**	0,66**	0,10	0,33*	0,25	-	0,33*	19,1
мол.спелость	0,49*	0,37*	-0,18	-0,37*	0,05	-0,31	0,38*	0,33*	0,08	-	10,6

Примечание: Доля изменений – среднее значение коэффициентов детерминации, %

Заключение

Таким образом, биотип сорта ячменя, обусловленный местом его происхождения, имеет решающее значение в формировании урожайности по годам. Из степной группы выделяется повышенной зерновой продуктивностью сорт местной селекции Таловский 9, из западноевропейской – Эксплоер, при использовании удобрений высокую продуктивность эти сорта формировали как в благоприятном по увлажненности 2021 году (583,8-610,8 г/м²), так и в засушливом 2019 г. – 339,0 – 350,0 г/м².

Прибавка продуктивности в среднем при использовании комплексного удобрения в дозе 60 кг д. в-ва на гектар у степных форм составила 9,3%, с наибольшим эффектом у сортов Медикум 157–17,0% и Таловский 9–10,0%. У сортов западноевропейской группы прибавки более значимы, в среднем 15,5%, они максимально выражены у сортов Зу заза, Зу сурен (20,0-23,6%).

Максимально продуктивность растений с 1м² сопряжена с содержанием хлорофилла в фазу кущения: $r=0,78^{***}$, менее значима зависимость в фазы цветения и молочной спелости $r=0,36^*$, $0,39^*$. Уровень содержания хлорофилла в фазе кущения в наших условиях положительно с высокой достоверностью взаимосвязан с показателями продуктивной кустистости ($r=0,75^{***}$, $0,78^{***}$) и продуктивного стеблестоя ($r=0,68^{**}$, $0,75^{***}$), до средней степени – с высотой растения, с использованием удобрений зависимость снижается. В фазу цветения содержание хлорофилла максимально взаимосвязано с формированием элементов продуктивности: массы зерна с главного колоса ($r=0,65^{**}$, $0,85^{***}$), на неудобренном фоне зависимость сильнее, и массы зерна с растения ($r=0,63^{**}$, $0,66^{**}$).

Высокие значения содержания хлорофилла в фазу кущения изучаемые образцы сохраняли до цветения при значительном снижении показателя у западноевропейских сортов к молочной спелости в обоих вариантах удобренности, снижение значений к молочной спелости у степных сортов было менее значительным. Уровень содержания хлорофилла в определенные фазы онтогенеза можно использовать в селекционном процессе при оценке и отборах на повышенную продуктивность в условиях неустойчивого увлажнения.

Литература

1. Дериглазова Г.М. Экономическая эффективность выращивания ячменя в склоновом агроландшафте лесостепи ЦЧЗ // Материалы научно-практической конференции «Проблемы интенсификации и экологизации земледелия России» п. Рассвет. – 2006. – С. 548-550.
2. Воронцов В.А., Скорочкин Ю.П. Продуктивность зернопарового севооборота в северо-восточном регионе ЦЧЗ в зависимости от агротехнологий. // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2022. – № 1 (41). – С. 99-108. DOI: 10.24412\2309-348X-2022-1-99-108
3. Прядкина Г.А., и др. Связь между величиной хлорофилльного фотосинтетического потенциала и урожайностью озимой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) при повышенных температурах // Сельскохозяйственная биология, – 2014. – № 5. – С. 88-95.
4. Ничипорович А.А. О путях повышения продуктивности фотосинтеза растений в посевах/ Фотосинтез и вопросы повышения продуктивности растений. – Москва, – 1963. – С. 5-37.
5. Голова Т.Г., Гладких Л.И. Морфофизиологические аспекты повышения потенциала продуктивности ярового ячменя. // Селекция, семеноводство и технология возделывания зернофуражных культур. Ульяновск, – 2008. – С. 93-96.
6. Пакудин В.З., Лопатина Л.М. Оценка экологической пластичности и стабильности сортов сельскохозяйственных культур // Сельскохозяйственная биология, –1984. – № 4. – С. 103-113.

References

1. Deriglazova G.M. Ekonomicheskaya effektivnost' vyrashchivaniya yachmenya v sklonovom agrolandshafte lesostepi TsChZ. [Economic efficiency of barley cultivation in the sloping agrolandscape of the forest-steppe of the Central Forest Zone] Materialy nauchno-prakticheskoi konferentsii. [Materials of the scientific and practical conference] Problemy intensifikatsii i ekologizatsii zemledeliya Rossii. [Problems of intensification and ecologization of agriculture in Russia], 2006, pp. 548-550. (In Russian)

2. Vorontsov V.A., Skorochkin Yu.P. Produktivnost' zernoparovogo sevooborta v severo-vostochnom regione TsChZ v zavisimosti ot agrotekhnologii. [Productivity of grain-and-steam crop rotation in the north-eastern region of the Central Processing Plant depending on agricultural technologies]. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury - Legumes and goat crops*, 2022, no. 1 (41), pp. 99-108. (In Russian)
3. Pryadkina G.A., et al. Svyaz' mezhdru velichinoi khlorofil'nogo fotosinteticheskogo potentsiala i urozhainost'yu ozimoi pshenitsy (*Triticum aestivum* L.) pri povyshennykh temperaturakh [The relationship between the value of the phlorophilic photosynthetic potential and the yield of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) at elevated temperatures]. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya - Agricultural Biology*, 2014, no. 5, pp. 88-95. (In Russian)
4. Nichiporovich A.A. O putyakh povysheniya produktivnosti fotosinteza rastenii v posevakh. [On ways to increase the productivity of plant photosynthesis in crops]. *Fotosintez i voprosy povysheniya produktivnosti rastenii*. [Photosynthesis and issues of increasing plant productivity]. Moscow, 1963, pp. 5-37. (In Russian)
5. Golova T.G., Gladkikh L.I. Morfofiziologicheskie aspekty povysheniya potentsiala produktivnosti yarovogo yachmenya. [Morphophysiological aspects of increasing the productivity potential of spring barley]. *Selektsiya, semenovodstvo i tekhnologiya vozdel'yvaniya zernofurazhnykh kul'tur*. [Breeding, seed production and technology of cultivation of grain crops]. Ulyanovsk, 2008, pp. 93-96. (In Russian)
6. Pakudin V.Z., Lopatina L.M. Otsenka ekologicheskoi plastichnosti i stabil'nosti sortov sel'skokhozyaistvennykh kul'tur. [Assessment of ecological plasticity and stability of varieties of agricultural crops]. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya - Agricultural biology*, 1984, no. 4, pp. 103-113. (In Russian)