

Влияние условий возделывания на интенсивность транспирации листьев и биологическую урожайность зерна озимых зерновых культур

О. В. Мельникова[✉], доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агрономии, селекции и семеноводства

В. Е. Ториков, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агрономии, селекции и семеноводства

В. И. Репникова, аспирант кафедры агрономии, селекции и семеноводства

ФГБОУ ВО «Брянский государственный аграрный университет»

243365, Брянская обл., Выгоничский р-н, с.Кокино, ул. Советская, дом 2а, [✉]torikova1999@mail.ru

Резюме. В юго-западной части Центрального региона России проведены исследования по изучению интенсивности транспирации листьев озимой пшеницы и озимой тритикале в зависимости от элементов технологии возделывания и времени суток, проведена оценка биологической продуктивности озимых злаков. Исследования выполнены в 2021...2023 гг. в условиях многолетнего опыта Брянского государственного аграрного университета на серой лесной среднесуглинистой почве (гумус – 3,42 %, P_2O_5 – 291 мг/кг почвы, K_2O – 184 мг/кг почвы, pH_{KCl} – 5,8). Объектами исследований являлись 15 сортов озимой пшеницы: Августина, Инна, Торрилд, Этана, Ангелина, Липецкая звезда, Мера, Элегия, Рубежная, Велена, Амелия, Немчиновская 85, Немчиновская 57, Московская 27, Московская 56 и озимая тритикале сорта Корнет. Агротехника возделывания – общепринятая для региона. Интенсивность транспирации листьев озимой пшеницы и тритикале определяли по Иванову. Метод основан на учете изменений массы срезанного транспирирующего листа за короткий промежуток времени. Интенсивность транспирации листьев говорит о водоудерживающей способности растений и косвенно отражает способность сортов противостоять засухе. Установлено, что сорта озимой пшеницы Торрилд, Немчиновская 57 и Немчиновская 85, отличающиеся способностью сохранять влагу во время засухи, обеспечили наиболее высокий уровень биологической урожайности зерна 12,49...13,01 т/га. Оптимизация минерального питания озимой тритикале сорта Корнет (в осенне-весенний период) благоприятно влияла на дальнейшую способность растений переносить высокие «стрессовые температуры» воздуха в летний период путем снижения интенсивности транспирации листьев на 19,6...36,8 %, существенно увеличивая уровень биологической урожайности зерна до 5,92 т/га.

Ключевые слова: озимая пшеница, озимая тритикале, интенсивность транспирации, биологическая урожайность.

Для цитирования: Мельникова О. В., Ториков В. Е., Репникова В. И. Влияние условий возделывания на интенсивность транспирации листьев и биологическую урожайность зерна озимых зерновых культур // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2024. №2 (66). С. 19-26. doi:10.18286/1816-4501-2024-2-19-26

Influence of cultivation conditions on leaf transpiration intensity and biological grain yield of winter grain crops

O. V. Melnikova, V. E. Torikov, V. I. Repnikova

FSBEI HE "Bryansk State Agrarian University"

243365, Bryansk region, Vygonichsky district, Kokino village, Sovetskaya st., 2a, [✉]torikova1999@mail.ru

Abstract. Studies were carried out in the southwestern part of the Central region of Russia to study the intensity of transpiration of leaves of winter wheat and winter triticale, depending on the elements of cultivation technology and time of day, and an assessment of the biological productivity of winter cereals was conducted. The research was carried out in 2021-2023 in the conditions of long-term experience of Bryansk State Agrarian University on gray forest medium-loamy soil (humus - 3.42%, P_2O_5 - 291 mg/kg of soil, K_2O - 184 mg/kg of soil, pH_{KCl} - 5.8). The objects of the research were 15 varieties of winter wheat: Augustina, Inna, Torrild, Etana, Angelina, Lipetskaya Zvezda, Mera, Elegia, Rubezhnaya, Velena, Amelia, Nemchinovskaya 85, Nemchinovskaya 57, Moskovskaya 27, Moskovskaya 56 and winter triticale of Cornet variety. Agricultural cultivation technology was generally accepted for the region. The intensity of transpiration of leaves of winter wheat and triticale was determined according to Ivanov. The method is based on taking into account changes in the mass of the cut transpiring leaf over a short period of time. The intensity of leaf transpiration indicates the water-holding capacity of plants and indirectly reflects the ability of varieties to withstand drought. It was established that the winter wheat varieties Torrild, Nemchinovskaya 57 and Nemchinovskaya 85, distinguished by their ability to retain moisture during drought, provided the highest level of biological grain yield of 12.49...13.01 t/ha. Improvement

of mineral nutrition of Cornet variety winter triticale (in the autumn-spring period) had a beneficial effect on the further ability of plants to tolerate high "stress temperatures" of air in the summer by reducing the intensity of leaf transpiration by 19.6...36.8%, significantly increasing the level of biological productivity of grain up to 5.92 t/ha.

Keywords: winter wheat, winter triticale, transpiration rate, biological yield.

For citation: Melnikova O. V., Torikov V. E., Repnikova V. I. Influence of cultivation conditions on leaf transpiration intensity and biological grain yield of winter grain crops // Vestnik of Ulyanovsk state agricultural academy. 2024;2(66): 19-26 doi:10.18286/1816-4501-2024-2-19-26

Введение

Транспирация листьев растений является одним из важных механизмов их приспособления к меняющимся условиям среды. Ее активность во многом зависит от фазы роста, места расположения листьев на растении, времени суток, освещенности и погодных условий года вегетации [1]. Во многих регионах основным лимитирующим фактором является засуха во время вегетации растений. Неравномерное распределение осадков в течение лета, а также периодически наступающие продолжительные летние засухи создают критические условия для роста и развития растений. В связи с этим создание засухоустойчивых сортов и оценка устойчивости растений к засухе имеет особо важное значение. Транспирация – наиболее важный фактор водного режима растений и прежде всего зависит от обеспеченности их влагой, питанием, от метеорологических условий, а также от стадии развития самого растения. Растения при помощи транспирации предохраняют листья от перегрева, способствуя тем самым сохранению нормальной жизнедеятельности растений [2]. Интенсивность транспирации листьев является косвенным показателем характеристики засухоустойчивости растений в жаркий летний период при отсутствии осадков, который отражает способность растений противостоять стрессу во время жары. Интенсивность транспирации характеризует скорость испарения воды листьями и выражается количеством испаряемой воды в пересчете на единицу массы листа в единицу времени [3, 4]. Проявление высокой интенсивности транспирации листьев озимых зерновых культур в начальные фазы роста (кущение и трубкование) связано с необходимостью обеспечения водой и элементами минерального питания активно растущие в это время надземные органы растений. Тогда как второй пик активности транспирации (в период налива семян), вероятнее всего, обусловлен повышением запаса колоса на фотоассимиляты и их оттоком из листьев [5, 6]. Многими авторами [7-12] установлено в опытах с разными видами культур, что чем меньше обеспеченность растений влагой и выше температура воздуха, особенно когда она превышает +25 °С, тем меньше активность транспирации листьев растений. В то же время усиление инсоляции листьев стимулирует их транспирационную активность.

В онтогенезе колосовых злаков наблюдается два пика транспирационной активности: первый и наиболее выраженный в период «кущение-трубкавание», а второй более слабый – в фазу массового налива зерновок, тогда как ее спад отмечается в

период «колошение-цветение» и в фазу молочно-восковой спелости зерновок. Снижение интенсивности транспирации флагового листа составляло в фазу колошения 41,3 %, а в фазу молочно-восковой спелости зерновок – 55,3 %, по отношению к фазе кущения. В течение дня пик активности транспирации листьев растений наблюдается в обеденное время. На данный физиологический процесс оказывают влияние как погодные условия, так и элементы технологий возделывания культур: сорт, минеральное питание, средства защиты растений и т.п. [13-15].

В условиях недостатка воды один из наиболее важных механизмов регуляции стрессовой устойчивости – снижение потерь воды при транспирации. В технологиях возделывания озимых зерновых было изучено влияние фунгицидной обработки на количество воды, испаряемое через устьица в процессе транспирации. Как показали результаты некоторых исследователей [16, 17], транспирация у необработанных растений была самой высокой, а обработка фунгицидами снижала транспирацию на 16 % по сравнению с контролем. Это означает, что растения условия засухи переживали более комфортно.

Минеральные удобрения – важный фактор повышения урожайности озимых зерновых. Особенно важен для растений азот, при оптимальной обеспеченности которым они быстро наращивают биомассу, хорошо кустятся осенью, формируют продуктивный стеблестой. Применение азотных удобрений в научно обоснованных дозах способствует получению высокой урожайности и хорошего качества зерна. Оптимизация минерального питания растений, приемов обработки почвы, густоты стояния растений, применение средств защиты растений в технологиях – все это благоприятно влияет на увеличение урожайности и качества зерна [18, 19].

Особый интерес представляет изучение вопроса транспирации листьев и формирования биологической урожайности у озимых зерновых культур в зависимости от условий минерального питания растений, особенно азотного. В связи с этим актуальным для научного и практического растениеводства является изучение вопроса интенсивности транспирации листьев озимой пшеницы и озимой тритикале в зависимости от элементов технологии возделывания и времени суток, оценить возможное влияние на биологическую продуктивность озимых злаков.

Цель исследований – оценить влияние условий возделывания на интенсивность транспирации листьев и биологическую урожайность зерна озимой

пшеницы и тритикале, возделываемых на серой лесной почве в условиях юго-запада Центрального региона.

Материалы и методы

Исследования проводили в 2021...2023 гг. в условиях многолетнего стационара Брянского государственного аграрного университета на серой лесной среднесуглинистой почве (гумус – 3,42 %, P_2O_5 – 291 мг/кг почвы, K_2O – 184 мг/кг почвы, pH_{KCl} – 5,8). Объекты исследований – 15 сортов озимой пшеницы отечественной и иностранной селекции: Августина, Инна, Торрильд, Этана, Ангелина, Липецкая звезда, Мера, Элегия, Рубежная, Велена, Амелия, Немчиновская 85, Немчиновская 57, Московская 27, Московская 56 и озимая тритикале сорт Корнет.

Посев сортов озимой пшеницы и озимой тритикале проводили в рекомендуемые сроки (15 сентября) сеялкой СН–16 рядовым способом, глубина заделки семян – 4,0 см. Норма высева семян – 5,5 млн. всх. семян/га. Предшественник в опытах – однолетние травы. Агротехника возделывания – общепринятая для региона. Под предпосевную культивацию вносили азофоску (16:16:16) в норме $N_{90}P_{90}K_{90}$ (фон). Азотную подкормку посевов озимой пшеницы (опыт 1) проводили весной аммиачной селитрой в дозе N_{30} в фазу кущения. Весеннюю азотную подкормку посевов озимой тритикале (опыт 2) в фазу кущения проводили разными видами азотных удобрений в дозе N_{30} . В опыте изучали 4 варианта: 1. Фон + аммиачная селитра N_{30} , 2. Фон + сульфат аммония N_{30} , 3. Фон + КАС N_{30} , 4. Контроль (Фон).

Система защиты озимых зерновых включала в себя протравливание семян препаратом Оплот Трио, ВСК + Табу, ВСК (0,6 + 0,6 л/т); в фазу кущения осенью опрыскивание посевов фунгицидом Фоликур, КЭ 0,5 л/га против снежной плесени, в кущение весной опрыскивание посевов от полегания ретардантом Стабилан, ВР (460 г/л) – 1,5 л/га, опрыскивание посевов против сорняков гербицидом Пума, КЭ – 1,5 л/га, при появлении признаков болезней и вредителей фунгицид ТитулДуо, ККР – 0,3 л/га и инсектицид Эсперо, КС – 0,1 л/га.

Интенсивность транспирации листьев озимой пшеницы и тритикале определяли по Иванову с помощью торсионных весов (*Практикум по физиологии растений / Н.Н. Третьяков, Т.В. Карнаухова, Л.А. Паничкин и др. - 3-е изд., перераб. и доп. (Под ред. проф. Н.Н. Третьякова) М.: Агропромиздат. 1990. 271 с.: ил.*). Метод основан на учете изменений массы срезанного транспирирующего листа за короткий промежуток времени (5 мин.), что дает возможность наблюдать транспирацию при том состоянии насыщения листа водой, в каком он находится на растении. Далее рассчитывали количество воды, испарившейся из 1 г сырых листьев за 1 час. Этот показатель говорит о вододерживающей способности растений и косвенно отражает их способность противостоять засухе. Измерение транспирации листьев проводили в утреннее время и в полдень по вариантам опыта в трехкратной

повторности. Интенсивность транспирации характеризует скорость испарения воды листьями и выражается количеством испаряемой воды в пересчете на единицу массы листа в единицу времени.

Учет биологической урожайности осуществляли в трехкратной повторности методом снопового образца. Уборку урожая осуществляли в фазу полной спелости зерновки поделочно прямым комбайнированием «Теггион - 2010». Урожайность зерна приводили к 14 % влажности и 100 % чистоте. Полевые исследования проводили по общепринятой методике полевого опыта Б.А. Доспехова (*Доспехов Б.А. Методика полевого опыта: с основами статистической обработки результатов исследований. М.: Книга по Требованию. 2013 349 с.*). Лабораторные исследования выполнены в Центре коллективного пользования приборным и научным оборудованием ФГБОУ ВО Брянский ГАУ по общепринятым методикам: определение содержания макроэлементов в листьях озимой тритикале проводили методом лабораторного исследования по ГОСТ 13496.4-2019 (*ГОСТ 13496.4-2019. Межгосударственный стандарт. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания азота и сырого протеина. М.: Стандартинформ. 2019. 19 с.*), ГОСТ 26657-97 (*ГОСТ 26657-97. Межгосударственный стандарт. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Метод определения содержания фосфора. Минск. 1997. 12 с.*), ГОСТ 32250-2013 (*ГОСТ 32250-2013. Корма, комбикорма. Метод определения содержания калия и натрия с применением пламенно-эмиссионной спектрометрии. М.: Стандартинформ. 2020. 12 с.*).

Результаты

Условия вегетации озимых культур в 2021...2023 гг. были достаточно контрастными и характеризовались избыточными атмосферными осадками в апреле и мае при среднесуточных температурах на уровне среднемноголетних норм. Погодные условия июня и июля отличались высокими среднесуточными температурами атмосферного воздуха +23,1 и +21,4 °С, что выше климатических норм на 4,2 и 2,1 °С.

В связи с такими участвовавшими в последнее время «температурными стрессами» одной из задач исследований было изучение сортовых особенностей интенсивности транспирации листьев озимой пшеницы в различное время суток. Интенсивность транспирации листьев характеризует вододерживающую способность растений и косвенно отражает способность сортов противостоять засухе. Снижение интенсивности транспирации листьев в условиях «температурного стресса» может являться косвенным показателем засухоустойчивости растений.

Проведенные двухлетние исследования выявили неоднозначное изменение интенсивности транспирации листьев у различных сортов озимой пшеницы в разное время суток, о чем свидетельствуют высокие коэффициенты вариации изучаемого признака (табл. 1).

4.1.1. Общее земледелие и растениеводство (сельскохозяйственные науки)

Многие сорта озимой пшеницы реагировали на повышение температуры внешней среды усиленным испарением (потерей) воды. Так у сортов Августина, Инна, Мера, Амелия, Московская 27 была четко выражена тенденция повышения интенсивности транспирации листьев при повышении температуры воздуха в полдень до +27 °С и дальнейшее снижение транспирации при снижении температуры до оптимальной нормы для растений +25 °С. Таким образом листья «охлаждались» в жару, а растения, несомненно, теряли ценную воду.

В то же время многие сорта озимой пшеницы при повышении температуры воздуха до «стрессовых» значений способны сохранять влагу (не обезвоживаться), уменьшив при этом интенсивность транспирации через устьица листовых пластинок. К таким сортам можно отнести сорта: Торрилд,

Этана, Липецкая звезда, Рубежная, Немчиновская 85, Немчиновская 57, Московская 56. Интенсивность транспирации листьев этих сортов в период жаркого полудня (+27 °С) составила 77,202 ...97,871 мг/(г*час), в то время, как в утренние и вечерние часы растения для естественного водообмена транспирировали воды 99,210 ...138 мг/(г*час).

Интенсивность транспирации можно считать косвенным показателем для характеристики засухоустойчивости растений в жаркий летний период при отсутствии осадков, который отражает способность растений противостоять стрессу во время жары.

В полевом опыте установлено, что сорта озимой пшеницы, отличающиеся способностью сохранять влагу во время засухи, обеспечили высокий уровень биологической урожайности зерна (табл. 2).

Таблица 1. Интенсивность транспирации листьев различных сортов озимой пшеницы в зависимости от времени суток в фазу начала колошения (опыт 1, фон N₉₀P₉₀K₉₀+ N₃₀)

Вариант (сорта)	Интенсивность транспирации, мг/(г*час)		
	утро (8:00) t=+20 °С	полдень (12:00) t=+27 °С	вечер (19:00) t=+25 °С
1. Августина	97,561	103,864	76,26
2. Инна	106,579	112,302	105,45
3. Торрилд	104,204	86,803	95,15
4. Этана	79,891	77,202	145,32
5. Ангелина	69,449	76,974	80,68
6. Липецкая звезда	138,553	85,685	90,72
7. Мера	84,342	113,131	95,81
8. Элегия	92,065	108,747	114,92
9. Рубежная	106,427	88,914	75,05
10. Велена	71,760	72,484	94,79
11. Амелия	75,447	92,356	82,91
12. Немчиновская 85	107,984	97,871	97,13
13. Немчиновская 57	101,275	98,835	99,21
14. Московская 27	100,147	109,969	84,04
15. Московская 56	85,042	82,512	106,08
Среднее по сортам, \bar{x}	94,715	93,843	96,235
Дисперсия, S ²	4513,79	2625,21	4399,86
Коефф. вариации, V %	67,18	51,24	66,33

Таблица 2. Биологическая урожайность зерна сортов озимой пшеницы (фон минерального питания - N₉₀P₉₀K₉₀+N₃₀), в сред. 2022...2023 гг

Сорт	Количество продуктивных стеблей, шт/м ²	Продуктивность колоса, г	Биологич. урожай зерна, т/га
1. Августина - st	579	1,42	8,22
2. Инна	562	1,69	9,50
3. Торрилд	594	2,19	13,01
4. Этана	591	2,02	11,94
5. Ангелина	562	2,08	11,69
6. Липецкая звезда	596	2,01	11,98
7. Мера	573	1,99	11,40
8. Элегия	560	2,09	11,70
9. Рубежная	590	2,00	11,80
10. Велена	580	1,67	9,69
11. Амелия	546	1,98	10,81
12. Немчиновская 85	589	2,12	12,49
13. Немчиновская 57	594	2,13	12,65
14. Московская 27	568	1,90	10,79
15. Московская 56	597	2,00	11,94
HCP ₀₅			0,17

Наибольшей величиной биологической урожайности зерна отличились сорта: Торрилд (13,01 т/га), Немчиновская 57 (12,65 т/га), Немчиновская 85 (12,49 т/га). Эти сорта также показали высокую способность противостоять засухе в полевых условиях, их можно отнести к группе засухоустойчивых и высокопродуктивных.

В опыте с озимой тритикале сорта Корнет (опыт 2) было установлено, что растения испаряли большее количество воды через листья в утреннее время при оптимальной температуре воздуха ($t=+20\text{ }^{\circ}\text{C}$). Наибольшая интенсивность транспирации 237,66 мг/(г*час) отмечалась на контрольном варианте. При увеличении температуры воздуха в полуденное время до $t=+27\text{ }^{\circ}\text{C}$, что выше оптимальных параметров для растений, отмечалось снижение интенсивности транспирации листьями озимой тритикале на 19,6 % – на варианте с внесением аммиачной селитры, на 12,0 % – при внесении сульфата аммония, на 32,6 % – при внесении КАС и на 36,9 % – на контроле (фон N₉₀P₉₀K₉₀) (табл. 3).

Таблица 3. Интенсивность транспирации листьев озимой тритикале в зависимости от применяемых в подкормку азотных удобрений на фоне N₉₀P₉₀K₉₀ (опыт 2)

Вариант опыта	Интенсивность транспирации, мг/(г*час)	
	утро (08:00) $t=+20\text{ }^{\circ}\text{C}$	полдень (12:00) $t=+27\text{ }^{\circ}\text{C}$
1. Фон + аммиачная селитра (N30)	167,57	134,69
2. Фон + сульфат аммония (N30)	161,64	142,25
3. Фон + КАС (N30)	179,25	120,89
4. Контроль (Фон N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀)	237,66	150,00

Применение различных видов азотных подкормок (N₃₀) на посевах озимой тритикале сорта Корнет благоприятно влияло на способность растений переносить летние «стрессовые температуры» воздуха путем снижения интенсивности транспирации листьев на 7,75...29,11 мг/(г*час) по сравнению с контролем. Это согласуется с данными других авторов [1, 2, 4, 10, 11], что в стрессовой температурной ситуации растения замедляют водообмен в листьях за счет закрытия устьиц листовых пластинок, уменьшая при этом интенсивность транспирации. Этот показатель также может косвенно характеризовать способность растений озимой тритикале переносить засуху.

В задачу исследований также входило изучение содержания общего азота, фосфора и калия в листьях озимой тритикале в зависимости от видов азотных удобрений, вносимых в подкормку в фазу весеннего кущения.

Лабораторные исследования показали, что применение аммиачной селитры (N₃₀) достоверно увеличивало содержание азота в листьях тритикале на 0,66 %, а применение сульфата аммония - на 0,49 % при расчете на абсолютно сухое вещество. Отмечено, что применение удобрения КАС не вызвало существенных изменений в содержании общего азота в листьях озимой тритикале по сравнению с контрольным вариантом (табл. 4).

Таблица 4. Содержание общего азота, фосфора и калия в листьях озимой тритикале в зависимости от вида азотных удобрений (фон - N₉₀P₉₀K₉₀)

Вариант опыта	Азот	Фосфор	Калий
	% на абсолютно сухое вещество		
1. Фон + аммиачная селитра (N30)	2,49	0,26	1,00
	2,42	0,28	1,12
	2,47	0,29	1,38
Среднее	2,46	0,28	1,17
2. Фон + сульфат аммония (N30)	2,22	0,27	1,26
	2,25	0,29	1,52
	2,39	0,28	1,23
Среднее	2,29	0,28	1,33
3. Фон + КАС (N30)	1,68	0,24	0,95
	1,72	0,24	1,34
	1,96	0,35	1,48
Среднее	1,79	0,28	1,26
4. Контроль (Фон)	1,91	0,28	1,27
	1,72	0,20	1,08
	1,78	0,34	1,22
Среднее	1,80	0,27	1,19
НСР ₀₅	0,012	0,011	0,032

Содержание общего фосфора в вариантах опыта существенно не изменялось в зависимости от применения разных форм азотных удобрений в опыте. В то время, как содержание общего калия в листьях тритикале было существенно выше контроля на вариантах с применением сульфата аммония и КАС.

Учет биологической урожайности зерна озимой тритикале по вариантам опыта показал, что применяемые азотные подкормки обеспечили увеличение урожайности зерна на 0,12...0,50 т/га по сравнению с контролем (табл. 5).

Таблица 5. Урожайность зерна (т/га) озимой тритикале сорта Корнет в зависимости от вида применяемых азотных удобрений в подкормку на фоне N₉₀P₉₀K₉₀ (в среднем за 2022...2023 гг.)

Вариант опыта	2022 г.	2023 г.	Средняя
1. Фон + аммиачная селитра (N30)	5,83	6,01	5,92
2. Фон + сульфат аммония (N30)	5,78	5,92	5,85
3. Фон + КАС (N30)	5,41	5,68	5,54
4. Контроль (Фон)	5,33	5,50	5,42
НСР ₀₅	0,05	0,10	-

Наибольшую урожайность зерна тритикале в опыте – 5,92 т/га обеспечил вариант с использованием в подкормку аммиачной селитры (N30), в то время, как на варианте с сульфатом аммония этот показатель составил – 5,85 т/га, а при внесении КАС – 5,42 т/га. Установлено статистически достоверное действие различных видов азотных удобрений, применяемых в дозе N30, в подкормку озимой тритикале в опыте.

Обсуждение

Интенсивность транспирации листьев является косвенным показателем для характеристики засухоустойчивости растений озимой пшеницы и озимой тритикале в жаркий летний период при отсутствии осадков, который отражает способность растений противостоять «температурному стрессу». В полевом опыте установлено, что сорта озимой пшеницы Торрилд, Немчиновская 57, Немчиновская 85, отличающиеся способностью сохранять влагу во время засухи, обеспечили наиболее высокий уровень биологической урожайности зерна – до 13,0 т/га. Оптимизация минерального питания озимой тритикале сорта Корнет (за счет применения различных видов азотных подкормок в дозе N30) также благоприятно повлияла на способность растений переносить высокие летние «стрессовые температуры» воздуха

путем снижения интенсивности транспирации листьев на 7,75...29,11 мг/(г*час) по сравнению с контролем, увеличило содержание общего азота в листьях на 0,49...0,66 % и обеспечило получение прибавки урожайности зерна на 0,12...0,50 т/га.

Заключение

Установлено, что к группе высокопродуктивных засухоустойчивых можно отнести сорта озимой пшеницы: Торрилд, Немчиновская 57 и Немчиновская 85. Биологическая урожайность зерна этих сортов составила 12,49...13,01 т/га, что выше, чем у других. Наибольшая урожайность зерна озимой тритикале сорта Корнет – 5,92 т/га сформирована на варианте с применением в подкормку аммиачной селитры (N30) в то время, как на варианте с сульфатом аммония этот показатель составил – 5,85 т/га, а при внесении КАС – 5,42 т/га. Оптимизация минерального питания озимой тритикале сорта Корнет (в осенне-весенний период) благоприятно влияла в дальнейшем на способность растений переносить высокие «стрессовые температуры» воздуха в летний период путем снижения интенсивности транспирации листьев на 19,6...36,8 %, существенно увеличивая уровень биологической урожайности зерна до 5,92 т/га.

Литература

1. Влияние экзо- и эндогенных факторов на интенсивность транспирации листьев у растений озимой пшеницы / А. В. Амелин, Е. И. Чекалин, В. В. Заикин и др. // Эпоха науки. 2020. № 24. С. 7-13. doi: 10.24411/2409-3203-2020-12402. EDN OBTERR.
2. Алексеева В. И. Интенсивность транспирации сортообразцов костреца безостого в условиях аласной экосистемы Лено-Амгинского междуречья Центральной Якутии // Международный научно-исследовательский журнал. 2020. № 12-1(102). С. 113-118. doi: 10.23670/IRJ.2020.102.12.018. EDN DBRRGF.
3. Влияние биопрепаратов на интенсивность транспирации листьев и биологическую урожайность зерна сортов ярового ячменя / И. А. Сальникова, О. В. Мельникова, Д. М. Мельников и др. // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 1. С. 22-27. EDN YHFMVJ.
4. Интенсивность транспирации листьев растений у современных сортов яровой пшеницы / А. В. Амелин, Е. И. Чекалин, В. В. Заикин и др. // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 6. С. 6-12. EDN VTOPRT.
5. Модель сорта озимой мягкой пшеницы для условий степной зоны / М. А. Фоменко, А. И. Грабовец, Т. А. Олейникова и др. // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2023. № 3. С. 7-12. doi: 10.31857/2500-2082/2023/3/7-12. EDN FJZSW.
6. Ласточкина О. В., Аллагулова Ч. Р. Механизмы ростстимулирующего и защитного действия эндофитных RGP-бактерий в растениях пшеницы при воздействии засухи (обзор) // Прикладная биохимия и микробиология. 2023. Т. 59. № 1. С. 17-37. doi: 10.31857/S0555109923010038. EDN CUREEM.
7. Хамокова И. М., Ханиева И. М., Сокурова Л. Х. Влияние стимуляторов роста и бактериальных препаратов на интенсивность транспирации растений проса // Плодородие. 2023. № 5 (134). С. 38-41. doi:10.25680/S19948603.2023.134.09. EDN DBPCBQ.
8. Чекалин Е. И., Амелин А. В. Особенности транспирации у растений *Pisum sativum* L. // Вестник аграрной науки. 2019. № 4(79). С. 31-38. doi: 10.15217/issn2587-666X.2019.4.31. EDN AQOYUN.
9. Миюц О. А., Чекалин Е. И. Транспирация растений фасоли обыкновенной зернового типа в онтогенезе // Зернобобовые и крупяные культуры. 2020. № 3(35). С. 84-92. doi: 10.24411/2309-348X-2020-11190. EDN WTCTTI.
10. Видовые особенности устьичной проводимости паров воды листьями растений сои *Glycine max* (L.) Merr / А. В. Амелин, Е. И. Чекалин, В. В. Заикин и др. // Зернобобовые и крупяные культуры. 2019. № 4 (32). С. 59-65. doi:10.24411/2309-348X-2019-11133. EDN NWIMNB.
11. Изменения устьичной проводимости CO₂ листьев гречихи в результате селекции на семенную продуктивность / А. В. Амелин, В. В. Заикин, Е. И. Чекалин и др. // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2019. № 80. С. 25-30. doi: 10.21515/1999-1703-80-25-30. EDN AVYMMW.

12. Рудая О. А. Исследование интенсивности транспирации и фотосинтеза у некоторых видов рода *Paeonia L* // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2021. № 3(66). С. 57-60. EDN IVLMGI.
13. Применение хелатов микроэлементов в технологии возделывания яровой пшеницы / Н. В. Войтович, В. М. Никифоров, М. И. Никифоров и др. // Земледелие. 2019. № 6. С. 25-27. doi: 10.24411/0044-3913-2019-10606. EDN VYXMMB.
14. Войтович Н. В., Никифоров В. М. Изменение физиологических параметров сортов яровой пшеницы от технологии их возделывания // Агротехнический вестник. 2019. № 3. С. 49-53. doi:10.24411/0235-2516-2019-10042. EDN KOQBCB.
15. Устойчивость к болезням, продуктивность и содержание фотосинтетических пигментов в листьях яровой мягкой пшеницы (*Triticum aestivum L.*) под влиянием полифункциональных биопрепаратов и комплексов на основе микроорганизмов и хитозана / И. И. Новикова, Э. В. Попова, Л. Е. Колесников и др. // Сельскохозяйственная биология. 2023. Т. 58. № 1. С. 158-183. doi:10.15389/agrobiology.2023.1.158rus. EDN UDMEIG.
16. Побежимова Т. П. Физиологические эффекты действия на растения фунгицидов триазольной природы / Т. П. Побежимова, А. В. Корсукова, Н. В. Дорофеев и др. // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2019. Т. 9, № 3(30). С. 461-476. doi: 10.21285/2227-2925-2019-9-3-461-476. EDN VLYINU.
17. Мустафина М. А., Беляева Н. Л. Амистар: ключ к управлению антистрессорными механизмами выращивания зерновых культур // Защита и карантин растений. 2014. № 5. С. 45-47. EDN SBHAUN.
18. Закономерности влияния густоты посева озимой пшеницы на ее урожайность / М. Е. Чаплыгин, Э. В. Жалнин, Л. С. Шибряева и др. // Инженерные технологии и системы. 2023. Т. 33. № 4. С. 490-507. doi:10.15507/2658-4123.033.202304.490-507. EDN SBDKAV.
19. Продуктивность зерновых культур в зависимости от обработки почвы и удобрений / А. Н. Воронин, П. А. Котьяк, С. В. Щукин и др. // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2023. № 6(224). С. 17-26. doi:10.53083/1996-4277-2023-224-6-17-26. EDN DUFANR.

References

1. The influence of exo- and endogenous factors on the intensity of leaf transpiration of winter wheat plants / A.V. Amelin, E.I. Chekalin, V.V. Zaikin et al. // Epoch of Science. 2020. No. 24. P.7-13. doi: 10.24411/2409-3203-2020-12402. EDN OBTEP.
2. Alekseeva V.I. Transpiration intensity of awnless brome varieties in the conditions of the alass ecosystem of the Lena-Amga interfluve of Central Yakutia // International scientific research journal. 2020. No.12-1(102). P.113-118. doi: 10.23670/IRJ.2020.102.12.018. EDN DBRRGF.
3. The influence of biological products on intensity of leaf transpiration and biological grain yield of spring barley varieties / I. A. Salnikova, O. V. Melnikova, D. M. Melnikov, et al.// Vestnik of Kursk State Agricultural Academy. 2023. No. 1. P. 22-27. EDN YHFMVJ.
4. The intensity of transpiration of plant leaves in modern varieties of spring wheat / A. V. Amelin, E. I. Chekalin, V. V. Zaikin, et al.// Vestnik of Kursk State Agricultural Academy. 2022. No. 6. P. 6-12. EDN BTOPRT.
5. Model of a winter soft wheat variety for the conditions of the steppe zone / M. A. Fomenko, A. I. Grabovets, T. A. Oleynikova, et al.// Vestnik of the Russian Agricultural Science. 2023. No. 3. P. 7-12. doi: 10.31857/2500-2082/2023/3/7-12. EDN FJZSW.
6. Lastochkina O. V., Allagulova Ch. R. Mechanisms of growth-stimulating and protective effects of endophytic PGP bacteria in wheat plants under the influence of drought (review) // Applied biochemistry and microbiology. 2023. Vol. 59. No. 1. P. 17-37. doi: 10.31857/S0555109923010038. EDN CURREEM.
7. Khamokova I.M., Khanieva I.M., Sokurova L.Kh. Influence of growth stimulants and bacterial preparations on the intensity of transpiration of millet plants // Soil Fertility. 2023. No. 5 (134). P.38-41. doi:10.25680/S19948603.2023.134.09. EDN DBPCBQ.
8. Chekalin E.I., Amelin A.V. Features of transpiration in plants of *Pisum sativum L.* // Vestnik of Agrarian Science. 2019. No. 4 (79). P.31-38. doi: 10.15217/issn2587-666X.2019.4.31. EDN AQOUYN.
9. Miyuts O. A., Chekalin E. I. Transpiration of grain-type common bean plants in ontogenesis // Grain legumes and cereal crops. 2020. No. 3 (35). P.84-92. doi: 10.24411/2309-348X-2020-11190. EDN WTCTTI.
10. Species characteristics of stomatal conductivity of water vapor by leaves of soybean plants of *Glycine max (L.) Merr* / A. V. Amelin, E. I. Chekalin, V. V. Zaikin, et al.// Grain legumes and cereal crops. 2019. No. 4 (32). P.59-65. doi:10.24411/2309-348X-2019-11133. EDN NWIMHB.
11. Changes of stomatal CO₂ conductivity of buckwheat leaves as a result of selection for seed productivity / A. V. Amelin, V. V. Zaikin, E. I. Chekalin et al. // Proceedings of the Kuban State Agrarian University. 2019. No. 80. P. 25-30. doi: 10.21515/1999-1703-80-25-30. EDN AVYMMW.
12. Rudaya O. A. Study of the intensity of transpiration and photosynthesis in some species of *Paeonia L* genus // Vestnik of Michurinsky State Agrarian University. 2021. №3(66). P.57-60. EDN IVLMGI.
13. The application of microelement chelates in the technology of cultivating spring wheat / N.V. Voitovich, V.M. Nikiforov, M.I. Nikiforov et al. // Agriculture. 2019. No. 6. P. 25-27. doi: 10.24411/0044-3913-2019-10606. EDN VYXMMB.

4.1.1. Общее земледелие и растениеводство (сельскохозяйственные науки)

14. Voitovich N.V., Nikiforov V.M. Changes in the physiological parameters of spring wheat varieties depending on the technology of their cultivation // *Agrochemical Vestnik*. 2019. No. 3. P. 49-53. doi:10.24411/0235-2516-2019-10042. EDN KOQBCB.

15. Disease resistance, productivity and content of photosynthetic pigments in the leaves of spring soft wheat (*Triticum aestivum* L.) under the influence of multifunctional biological products and complexes based on microorganisms and chitosan / I. I. Novikova, E. V. Popova, L. E. Kolesnikov et al. // *Agricultural biology*. 2023. Vol. 58. No.1. P. 158-183. doi:10.15389/agrobiology.2023.1.158rus. EDN UDMEIG.

16. Pobezhimova T. P. Physiological effects of triazole fungicides on plants / T. P. Pobezhimova, A. V. Korsukova, N. V. Dorofeev, et al.// *Izvestiya of universities. Applied chemistry and biotechnology*. 2019. Vol. 9, No. 3(30). P.461-476. doi: 10.21285/2227-2925-2019-9-3-461-476. EDN VLYINU.

17. Mustafina M. A., Belyaeva N. L. Amistar: the key to managing anti-stress mechanisms for growing grain crops // *Protection and quarantine of plants*. 2014. No. 5. P. 45-47. EDN SBHAUN.

18. Patterns of influence of winter wheat sowing density on its yield / M. E. Chaplygin, E. V. Zhalnin, L. S. Shibryaeva, et al.// *Engineering technologies and systems*. 2023. Vol. 33. No. 4. P. 490-507. doi:10.15507/2658-4123.033.202304.490-507. EDN SBDKAV.

19. Productivity of grain crops depending on soil treatment and fertilizers / A. N. Voronin, P. A. Kotyak, S. V. Shchukin, et al.// *Vestnik of the Altai State Agrarian University*. 2023. No. 6 (224). P.17-26. doi:10.53083/1996-4277-2023-224-6-17-26. EDN DUFANR.