

СОХРАННОСТЬ ЗЕЛЁНОЙ ОКРАСКИ ЛИСТЬЕВ ПОСЛЕ КОЛОШЕНИЯ
У ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ И ЕЁ СВЯЗЬ С УРОЖАЙНОСТЬЮGREEN LEAF DURATION IN SPRING BREAD WHEAT AFTER HEADING
AND ITS ASSOCIATION WITH YIELD

Ключевые слова: сохранность зелёной окраски листьев после колошения, пшеница, урожайность, колошение, флаговый лист, корреляция.

Задержка старения листьев рассматривается рядом авторов как положительный признак. Цель исследования заключалась в изучении сохранности зелёной окраски листьев после колошения (СЗОЛПК) у яровой мягкой пшеницы и её взаимосвязи с урожайностью в различных условиях. Исследование проведено в 2018 и 2019 гг. на опытном поле ФГБНУ ФАНЦА. В 2018 г. изучено 109 сортов, в 2019 г. – 98 сортов. Посев проводился по паровому предшественнику на делянках площадью 10 м² в однократной повторности. Норма высева 500 всхожих зёрен/м². СЗОЛПК определяли по разности наступления дат полного засыхания флагового листа и даты колошения. Для 29 сортов, изучавшихся в коллекционном питомнике как в 2018 и 2019 гг., так и ранее (2015-2017 гг.), изучена урожайность. Установлено, что значительное влияние на СЗОЛПК оказывают погодные условия. СЗОЛПК 2018 года существенно коррелировала с урожайностью 2017, 2018 и 2019 гг., а также со среднегодовой урожайностью ($r=0,40; 0,55; 0,47; 0,65$ соответственно). СЗОЛПК 2019 г. не была связана с зерновой продуктивностью в какой-либо другой год изучения. К сортам с наилучшей СЗОЛПК в 2018 г. относились: Новосибирская 47, Исеть, Машенька (35 дней), Обская 2, Ульяновская 100, Ульяновская 105, Курьер (37 дней), WW-4 (38 дней), Бурлак (40 дней); в 2019 г. – Омская 41, Омская 43, Л.654, Ершовская 33, Курья, Ульяновская 105, Бурлак, Атланта 1, Квинтус (28 дней), Тулайковская золотистая, Тулайковская надежда, Ульяновская 101, Атлант, Астрид (29 дней). Признак «сохранность зелёной окраски листь-

ев после колошения» может быть использован в селекции пшеницы на урожайность.

Keywords: green leaf duration after heading, wheat, yield, heading, flag leaf, correlation.

Delayed leaf senescence is considered as a positive character. The research goal was to study green leaf duration after heading (GLDAH) in spring bread wheat and its association with yield under various conditions. This research was conducted in the experimental field of the Federal Altai Research Center of Agro-Biotechnologies in 2018 and 2019. Altogether 109 and 98 varieties were studied in 2018 and 2019, respectively. The experiment was conducted in plots with an area of 10 m² in one replication. The seeding rate was 500 grains per square meter. The GLDAH was determined as the difference between the dates of flag leaf drying and heading. The yielding capacity was studied for 29 varieties sown in the collection nursery in 2018 and 2019 and earlier (2015-2017). It was found that the weather conditions had a significant impact on the GLDAH. The GLDAH in 2018 had significant correlation with the yields in 2017, 2018, 2019 and average yield ($r = 0.40, 0.55, 0.47, 0.65$, respectively). The GLDAH in 2019 had no significant correlation with the yield on other years. In 2018, the varieties with the best GLDAH were the following ones: Novosibirskaya 47, Iset, Mashenka (35 days), Obskaya 2, Ulyanovskaya 100, Ulyanovskaya 105, Kuryer (37 days), WW-4 (38 days), Burlak (40 days); in 2019 - Omskaya 41, Omskaya 43, L.654, Yershovskaya 33, Kurya, Ulyanovskaya 105, Burlak, Atlanta 1, Kvintus (28 days), Tulaykovskaya zolotistaya, Tulaykovskaya nadezhda, Ulyanovskaya 101, Atlant, Astrid (29 days). The character "green leaf duration after heading" may be used in wheat selective breeding to improve yields.

Лепехов Сергей Борисович, к.с.-х.н., вед. н.с., молекулярно-генетическая лаб., Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий, г. Барнаул. E-mail: sergei.lepehov@yandex.ru.

Lepekhov Sergey Borisovich, Cand. Agr. Sci., Leading Staff Scientist, Molecular Genetic Lab., Federal Altai Research Center of Agro-Biotechnologies, Barnaul. E-mail: sergei.lepehov@yandex.ru.

Введение

Старение листьев – это прогрессирующее сокращение их зелёной окраски, происходящее на репродуктивной стадии развития растения [1]. Старение листьев запускается раньше в ответ на

высокую температуру воздуха в период налива зерна. Следовательно, сохранение хлорофилла листьями и способности к фотосинтезу в таких условиях рассматривается как индикатор жаростойкости [2, 3]. Установлена положительная вза-

имосвязь между сохранностью зелёной окраски листьев после колошения и натурой зерна, массой 1000 зёрен и размером зерновки при терминальной засухе [4, 5].

Существующая генетическая вариация по задержке старения листьев может быть использована в селекции [6], особенно для местностей с частым стрессом [7]. Наследуемость в узком смысле сохранности зелёной окраски листьев после колошения у пшеницы достаточно высока и варьирует от 0,50 до 0,81 [4, 5].

Доказательством важности учёта СЗОЛПК служит создание сортов с так называемым фенотипом «stay-green», у которых данный признак выражен в наибольшей степени, то есть стебли и листья остаются зелёными даже после пожелтения колоса и созревания зерна. Среди зарубежных сортов мягкой пшеницы с фенотипом «stay-green» известны: Adana 99, Chirya 1, Chirya 3, Chirya 7, Chuannong 12, Chuannong 17, Chuannong 18, Ning 8204, Ningmai 9, Punjab 96, Reeder, SeriM82, Varona C no 79, Ures-Bow's'. Признак считается настолько важным, что Joshi et al. [8] исследовали 1407 образцов яровой мягкой пшеницы из Индии и СИММИТ на его наличие. Установлено, что сорта «stay-green» более урожайны и проявляют хорошую способность к охлаждению при терминальной засухе, что позволяет использовать данный признак в качестве морфологического маркера жаростойкости [9]. Признак «stay-green» демонстрирует высокую наследуемость. По-видимому, он контролируется только одним геном с двумя аллелями, с частичным доминированием и большими аддитивными эффектами, поэтому отбор по нему будет успешен уже в ранних поколениях [10].

Определение СЗОЛПК не требует существенных затрат труда и времени, поэтому данный признак может стать дополнительным критерием в практической селекции. В Сибири с максимумом летних осадков в июле и редкой терминальной засухой возможно продление жизни листьев после колошения, что будет способствовать росту урожайности.

Цель исследования заключалась в изучении длительности периода «колошение-отмирание листьев» в коллекции яровой мягкой пшеницы и её взаимосвязи с урожайностью в различных условиях.

Материалы и методы

Материалом исследования служила коллекция сортов яровой мягкой пшеницы различного эколого-географического происхождения. Эксперимент проведён в 2018 и 2019 гг. Посев проводился по паровому предшественнику на делянках площадью 10 м² в однократной повторности. Норма высева 500 всхожих зёрен/м². СЗОЛПК определялась по разности наступления дат полного засыхания флагового листа и дате колошения. В первом случае изучено 109 сортов, во втором – 98 сортов. Для 29 сортов, изучавшихся в коллекционном питомнике как в 2018 и 2019 гг., так и ранее (2015-2017 гг.), исследована урожайность.

На основе двухлетних данных по СЗОЛПК рассчитано её среднее значение для каждого сорта. По данному показателю сорта разбивались на следующие группы с шагом в 1 день: Омская золотая, Баганская 51, Фитон 41, Тулайковская 5, Кинельская юбилейная (27 дней), Радуга, Уралосибирская, Ульяновская 100, Сибирская юбилейная, Рикс, Сурская юбилейная, Кинельская краса (28 дней), Лютесценс 360/96-6, Лютесценс 241/00/4, Экада 53, Сигма, Сигма 2, Лютесценс 7/04-26, Тулайковская золотистая, Экада 113 (29 дней), Исеть, Ершовская 34, Ершовская 33, Квинтус (30 дней), Омская 41, Курья, Курьер, WW-4 (31 день). В последующем для каждой группы сортов рассчитывалась урожайность с 2015 по 2019 гг.

Погодные условия вегетационного периода 2018 г. можно охарактеризовать как благоприятные со смещением максимума осадков на первую половину вегетации при высоких суточных температурах в июне. Прохладный июль и первая декада августа способствовали более растянутому периоду колошения – отмирание флага. Распределение осадков в 2019 г. отличалось от средне-многолетнего: тёплый и сухой июль стал причи-

ной сокращения вегетационного периода и быстрого засыхания флагового листа.

Результаты и их обсуждение

Длительность сохранности зелёной окраски листьев после колошения в 2018 г. варьировала по сортам от 25 до 40 дней, в 2019 г. – от 23 до 29 дней. Коэффициент корреляции между годами по данному признаку составил 0,01. Это свидетельствует о том, что погодные условия оказывают влияние на сохранность листьев. Вероятно, засушливая погода в период налива зерна в 2019 г. вела к сокращению различий между генотипами по рассматриваемому признаку. Об аналогичной закономерности сообщалось ранее [11]. Как в 2018, так и в 2019 г. СЗОЛПК значимо не коррелировала с периодом «всходы – колошение» ($r = -0,19; -0,24$ соответственно). Другие ис-

следователи сообщают о таком же результате [12, 13]. Так как продолжительность периода «всходы – колошение» тесно сопряжена с длительностью вегетационного периода [14], можно ожидать, что хорошая СЗОЛПК не ведёт к увеличению длительности вегетационного периода.

СЗОЛПК 2018 г. существенно коррелировала с урожайностью в 2017, 2018 и 2019 гг., а также со среднегодовой урожайностью. Напротив, рассматриваемый признак, оценённый в 2019 г., не был связан с зерновой продуктивностью в какой-либо другой год изучения (табл.). В литературе сообщается о том, что может быть обнаружена отрицательная взаимосвязь между длительностью сохранности зелёной окраски листьев после колошения и урожайностью во влажных и прохладных условиях [4].

Таблица

Коэффициенты корреляции между сохранностью зелёной окраски листьев после колошения и урожайностью яровой мягкой пшеницы, измеренной в тот же или другой год

Длительность периода «колошение – отмирание флагового листа»	Урожайность					
	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2015-2019 гг.
2018 г.	0,14	0,31	0,40*	0,55*	0,47*	0,65*
2019 г.	0,06	-0,09	0,13	-0,12	0,08	0,00

Примечание. *Существенно при $\alpha=5\%$.

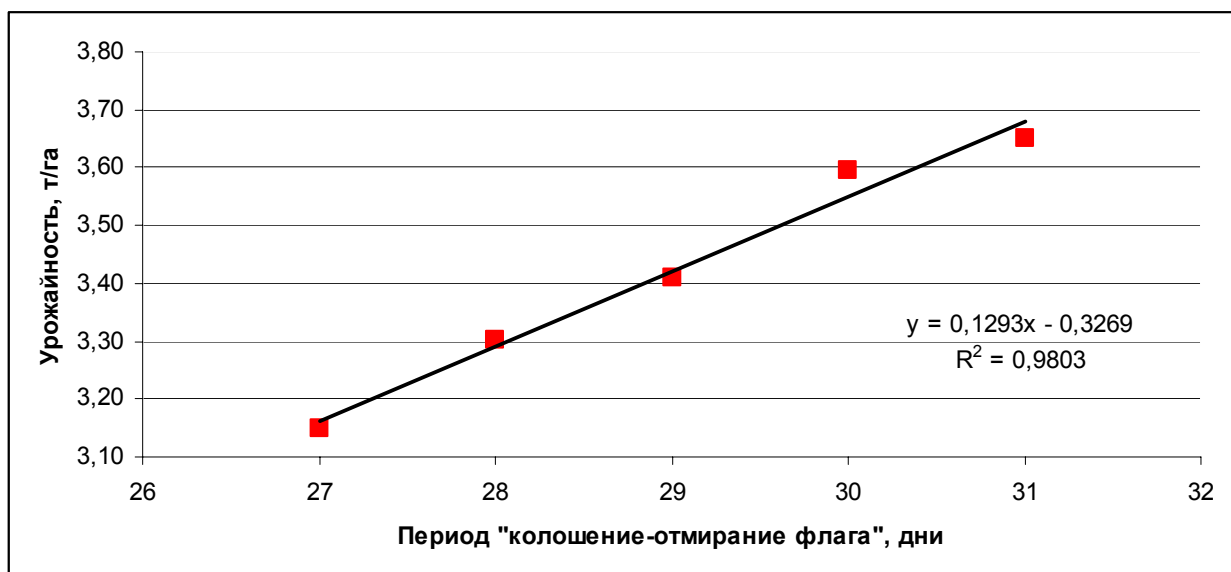


Рис. Взаимосвязь СЗОЛПК в 2018-2019 гг. со среднегодовой урожайностью в 2015-2019 гг. у групп сортов яровой мягкой пшеницы

Уравнение линейной регрессии, построенное для групп сортов с возрастающей СЗОЛПК, $y = 0,13x - 0,33$, где y – среднегодовая урожайность, а x – СЗОЛПК, даёт основание считать, что увеличение СЗОЛПК на 1 день ведёт к росту урожайности на 0,13 т/га (рис.).

К сортам с наилучшей СЗОЛПК в 2018 г. относились: Новосибирская 47, Исеть, Машенька (35 дней), Обская 2, Ульяновская 100, Ульяновская 105, Курьер (37 дней), WW-4 (38 дней), Бурлак (40 дней); в 2019 г.: Омская 41, Омская 43, Л.654, Ершовская 33, Курья, Ульяновская 105, Бурлак, Атланта 1, Квинтус (28 дней), Тулайковская золотистая, Тулайковская надежда, Ульяновская 101, Атлант, Астрид (29 дней).

Некоторыми авторами задержка старения листьев считается отрицательным признаком, так как она связана с замедлением оттока ассимилятов из соломины в зерно [15]. Если в Сибири окажутся перспективны генотипы с длительным функционированием листьев, то, очевидно, такой признак должен сочетаться с устойчивостью к листостебельным болезням.

Заключение

Сохранность зелёной окраски листьев после колошения у яровой мягкой пшеницы зависит как от генотипа, так и от погодных условий, в которых проходит налив зерна. Длительность периода «колошение-отмирание флага» у яровой мягкой пшеницы в некоторые годы имеет корреляционную взаимосвязь с урожайностью. Селекционерам следует обратить внимание на данный признак, поскольку он может быть использован в качестве нового селекционного критерия.

Библиографический список

1. Nooden, L.D. (1988b). The phenomena of senescence and aging. In: L.D. Dooden, and A.C. Leopold, (eds.), *Senescence and Aging in Plants*. Academic Press, San-Diego, pp. 1-50.
2. Fokar, M., Blum, A., Nguyen, H. (1998). Heat tolerance in spring wheat. II. Grain filling. *Euphytica*. 104: 9-15. 10.1023/A:1018322502271.
3. Dias, A.S., & Lidon, F.J. (2009). Evaluation of Grain Filling Rate and Duration in Bread and Durum Wheat, under Heat Stress after Anthesis. *Journal of*

Agronomy and Crop Science. 195: 137-147. 10.1111/j.1439-037X.2008.00347.x.

4. Naruoka, Y., Sherman, J., Lanning, S., Blake, N., Martin, J., Talbert, L. (2012). Genetic Analysis of Green Leaf Duration in Spring Wheat. *Crop Science*. 52: 99. 10.2135/cropsci2011.05.0269.

5. Blake N.K., Lanning S.P., Martin J.M., Sherman J.D., Talbert L.E. (2007). Relationship of flag leaf characteristics to economically important traits in two spring wheat crosses. *Crop Science*. 47: 491-496.

6. Thomas, H., Smart, C.M. (1993). Crops That Stay Green. *Annals of Applied Biology*. 123: 193-219. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1744-7348.1993.tb04086.x>.

7. Kumar, U., Joshi, A., Kumari, M., Paliwal, R., Kumar, S., Roder, M. (2010). Identification of QTLs for stay green trait in wheat (*Triticum aestivum* L.) in the 'Chirya 3' × 'Sonalika' population. *Euphytica*. 174: 437-445. 10.1007/s10681-010-0155-6.

8. Joshi, A., Kumari, M., Singh, V., Reddy, C., Kumar, S., Rane, J., Chand, R. (2007). Stay green trait: Variation, inheritance and its association with spot blotch resistance in spring wheat (*Triticum aestivum* L.). *Euphytica*. 153: 59-71. 10.1007/s10681-006-9235-z.

9. Kumari, M., Pudake, R., Singh, V., Joshi, A. (2012). Association of staygreen trait with canopy temperature depression and yield traits under terminal heat stress in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Euphytica*. 190. 10.1007/s10681-012-0780-3.

10. Silva S.A., de Carvalho F.I.F., Caetano V. da R., de Oliveira A.C., de Coimbra J.L.M., de Vasconcelos N.J.S., Lorencetti C. (2001). Genetic Basis of Stay-Green Trait in Bread Wheat. *Journal of New Seeds*. 2 (2): 55-68. DOI: 10.1300/J153v02n02_05.

11. Porter J.R., Gawith M. (1999). Temperatures and the growth and development of wheat: a review. *European Journal of Agronomy*. 10 (1): 23-36.

12. Foulkes, M., Sylvester-Bradley, R., Weightman, R., Snape, J. (2007). Identifying physiological traits associated with improved drought resistance in winter wheat. *Field Crops Research*. 103: 11-24. 10.1016/j.fcr.2007.04.007.

13. Verma, V., Foulkes, M., Worland, A.J., Sylvester-Bradley, R., Caligari, P., Snape, J. (2004). Mapping quantitative trait loci for flag leaf senes-

cence as a yield determinant in winter wheat under optimal and drought-stress environments. *Euphytica*. 135: 255-263. 10.1023/B:EUPH.0000013255.31618.14.

14. Шаманин, В. П. Оценка линий синтетической пшеницы (*Triticum durum/Aegilops tauschii*) по вегетационному периоду и устойчивости к болезням / В.П. Шаманин, И.В. Потоцкая, С.С. Шепелев [и др.]. – Текст: электронный // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2017. – № 21 (3). – С. 347-353. – DOI 10.18699/VJ17.252.

15. Blum, A. (1998). Improving wheat grain filling under stress by stem reserve mobilisation. *Euphytica*. 100Ж 77-83. 10.1023/A:1018303922482.

References

1. Nooden, L.D. (1988b). The phenomena of senescence and aging. In: L.D. Dooden, and A.C. Leopold, (eds.), *Senescence and Aging in Plants*. Academic Press, San-Diego, pp. 1-50.

2. Fokar, M., Blum, A., Nguyen, H. (1998). Heat tolerance in spring wheat. II. Grain filling. *Euphytica*. 104: 9-15. 10.1023/A:1018322502271.

3. Dias, A.S., & Lidon, F.J. (2009). Evaluation of Grain Filling Rate and Duration in Bread and Durum Wheat, under Heat Stress after Anthesis. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 195: 137-147. 10.1111/j.1439-037X.2008.00347.x.

4. Naruoka, Y., Sherman, J., Lanning, S., Blake, N., Martin, J., Talbert, L. (2012). Genetic Analysis of Green Leaf Duration in Spring Wheat. *Crop Science*. 52: 99. 10.2135/cropsci2011.05.0269.

5. Blake N.K., Lanning S.P., Martin J.M., Sherman J.D., Talbert L.E. (2007). Relationship of flag leaf characteristics to economically important traits in two spring wheat crosses. *Crop Science*. 47: 491-496.

6. Thomas, H., Smart, C.M. (1993). Crops That Stay Green. *Annals of Applied Biology*. 123: 193-219. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1744-7348.1993.tb04086.x>.

7. Kumar, U., Joshi, A., Kumari, M., Paliwal, R., Kumar, S., Roder, M. (2010). Identification of QTLs for stay green trait in wheat (*Triticum aestivum* L.) in

the 'Chirya 3' × 'Sonalika' population. *Euphytica*. 174: 437-445. 10.1007/s10681-010-0155-6.

8. Joshi, A., Kumari, M., Singh, V., Reddy, C., Kumar, S., Rane, J., Chand, R. (2007). Stay green trait: Variation, inheritance and its association with spot blotch resistance in spring wheat (*Triticum aestivum* L.). *Euphytica*. 153: 59-71. 10.1007/s10681-006-9235-z.

9. Kumari, M., Pudake, R., Singh, V., Joshi, A. (2012). Association of staygreen trait with canopy temperature depression and yield traits under terminal heat stress in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Euphytica*. 190. 10.1007/s10681-012-0780-3.

10. Silva S.A., de Carvalho F.I.F., Caetano V. da R., de Oliveira A.C., de Coimbra J.L.M., de Vasconcellos N.J.S., Lorencetti C. (2001). Genetic Basis of Stay-Green Trait in Bread Wheat. *Journal of New Seeds*. 2 (2): 55-68. DOI: 10.1300/J153v02n02_05.

11. Porter J.R., Gawith M. (1999). Temperatures and the growth and development of wheat: a review. *European Journal of Agronomy*. 10 (1): 23-36.

12. Foulkes, M., Sylvester-Bradley, R., Weightman, R., Snape, J. (2007). Identifying physiological traits associated with improved drought resistance in winter wheat. *Field Crops Research*. 103: 11-24. 10.1016/j.fcr.2007.04.007.

13. Verma, V., Foulkes, M., Worland, A.J., Sylvester-Bradley, R., Caligari, P., Snape, J. (2004). Mapping quantitative trait loci for flag leaf senescence as a yield determinant in winter wheat under optimal and drought-stress environments. *Euphytica*. 135: 255-263. 10.1023/B:EUPH.0000013255.31618.14.

14. Shamanin V.P., Pototskaya I.V., Shepelev S.S., Pozherukova V.E., Trushchenko A.Yu., Chursin A.S., Morgunov A.I. Otsenka liniy sinteticheskoy pshenitsy (*Triticum durum/Aegilops tauschii*) po vegetatsionnomu periodu i ustoychivosti k bolezniam // Vavilovskiy zhurnal genetiki i selektsii. – 2017. – No. 21 (3). – S. 347-353. DOI 10.18699/VJ17.252.

15. Blum, A. (1998). Improving wheat grain filling under stress by stem reserve mobilisation. *Euphytica*. 100Ж 77-83. 10.1023/A:1018303922482.

