

ИЗУЧЕНИЕ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ ПО СНИЖЕНИЮ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОЛОГА В УСЛОВИЯХ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

✉ Лепехов С.Б., Петин В.А., Валекжанин В.С., Коробейников Н.И.

Федеральный Алтайский научный центр агробιοтехнологий

Алтайский край, Барнаул, Россия

✉ e-mail: sergei.lepehov@yandex.ru

Представлены результаты исследований в области селекции на засухоустойчивость пшеницы по методу инфракрасной термометрии. Отмечено, что в России данный метод до сих пор не получил распространения. Изучен параметр снижения температуры полога (Canopy temperature depression CTD) среди коллекционных образцов яровой мягкой пшеницы. Эксперимент проведен в Алтайском крае в 2019–2021 гг. У 55 сортов яровой мягкой пшеницы исследованы урожайность, элементы ее структуры и длительность периода всходы – колошение. Температуру полога измеряли при помощи портативного инфракрасного термометра. Определяли CTD как разность между температурой воздуха и температурой полога. Средняя по сортам величина CTD составила 6,1, –0,8 и 2,6 °C в 2019, в 2020 и 2021 гг. соответственно. Достоверное влияние на изменчивость данного признака оказал как фактор год, так и генотип. На протяжении трех лет исследования CTD имел стабильную достоверную взаимосвязь с длительностью периода всходы – колошение ($r = 0,27-0,37$), а в два года из трех – с урожайностью $r = 0,32$ и $0,60$. В самом засушливом году (2020) CTD положительно коррелировал не только с элементами структуры урожая ($r = 0,17-0,48$), но и с высотой растения ($r = 0,55$). Наибольшая величина CTD в среднем за три года отмечена у Алтайской жницы (3,5 °C), Степной нивы (3,6), Бурлака (3,8), Обской 2 (3,9 °C), Лютесценс 360/96, Мерцаны, Александра (4,0 °C) и Лютесценс 208/08-4 (4,4 °C).

Ключевые слова: инфракрасный термометр, пшеница, снижение температуры полога, засухоустойчивость, период всходы – колошение, урожайность

STUDY OF SOFT WHEAT BY THE CANOPY TEMPERATURE DEPRESSION UNDER ALTAI TERRITORY CONDITIONS

✉ Lepekhov S.B., Petin V.A., Valekzhanin V.S., Korobeinikov N.I.

Federal Altai Scientific Centre of Agro-BioTechnologies

Barnaul, Altai Territory, Russia

✉ e-mail: sergei.lepehov@yandex.ru

Results of research in the field of wheat drought tolerance breeding by infrared thermometry method are presented. It is noted that in Russia this method is still not widespread. The parameter Canopy temperature depression (CTD) among collection samples of spring wheat was studied. The experiment was conducted in the Altai Territory in 2019–2021. Yield, elements of its structure and the duration of seedling – heading period were studied in 55 varieties of spring soft wheat. The canopy temperature was measured with a portable infrared thermometer. CTD was defined as the difference between the air temperature and the canopy temperature. The average CTD across the varieties was 6.1, -0.8, and 2.6 °C in 2019, 2020, and 2021, respectively. Significant influence on the variability of this trait had both the factor of year and genotype. During the three years of the study CTD had a stable reliable relationship with the duration of the seedling - heading period ($r = 0.27-0.37$), and in two of the three years - with the yield ($r = 0.32$ and 0.60). In the driest year (2020), CTD was positively correlated not only with the yield structure elements ($r = 0.17-0.48$), but also with the plant height ($r = 0.55$). The highest average CTD value for three years was recorded for Altayskaya zhница (3.5 °C), Stepnaya niva (3.6 °C), Burlak (3.8 °C), Obskaya 2 (3.9 °C), Lutescens 360/96, Merzana, Alexander (4.0 °C) and Lutescens 208/08-4 (4.4 °C) cultivars.

Keywords: infrared thermometer, wheat, canopy temperature depression, drought tolerance, period seedling – heading, yield

Для цитирования: Лепехов С.Б., Петин В.А., Валежжанин В.С., Коробейников Н.И. Изучение мягкой пшеницы по снижению температуры полога в условиях Алтайского края // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2022. Т. 52. № 6. С. 36–41. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-6-4>

For citation: Lepekhov S.B., Petin V.A., Valekzhaniin V.S., Korobeinikov N.I. Study of soft wheat by the canopy temperature depression under Altai Territory conditions. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2022, vol. 52, no. 6, pp. 36–41. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-6-4>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Модели изменения климата прогнозируют увеличение температуры воздуха и частоты возникновения засух в будущем [1]. Одним из способов приспособления к меняющемуся климату служит селекция засухоустойчивых сортов. Селекцию на толерантность культур к дефициту влаги и жаростойкость затрудняют следующие причины. Во-первых, сложность самого явления засухи, которая может различаться по типу, времени наступления, длительности и интенсивности [2]. Во-вторых, комплексность механизмов устойчивости растений, которые включают морфологические, физиологические, биохимические и анатомические особенности [3]. Засухоустойчивость селекционного материала традиционно оценивается по урожайности в засушливых условиях [4]. Однако отбор, основанный исключительно на урожайности, усложняет селекцию на засухоустойчивость, так как урожайность является очень сложным признаком с низкой наследуемостью в условиях стресса [5]. В связи с этим важен поиск новых критериев оценки засухоустойчивости.

С конца 1970-х годов метод инфракрасной термометрии начал использоваться для оценки температуры полога различных сортов пшеницы [6]. Температура полога выявляет водный статус растений, т.е. баланс между потреблением воды корнями и ее транспирацией листьями. Данный признак измеряется с помощью портативного инфракрасного термометра или инфракрасной камеры. Чаще всего определяют не температуру полога, а ее снижение, т.е. разность между температурой воздуха и тем-

пературой полога (англ. Canopy temperature depression – CTD).

В настоящее время метод инфракрасной термометрии широко распространен в мире благодаря простоте, скорости оценки отдельного образца и экономичности. Определена взаимосвязь температуры полога с урожайностью [7], с другими морфологическими и физиологическими признаками [8]. Однако в России данный метод, несмотря на его преимущества, не получил широкого распространения.

Цель исследований – изучить коллекцию сортов яровой мягкой пшеницы по признаку «снижение температуры полога», проанализировать его изменчивость и взаимосвязь с другими признаками.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Опыт проведен в Алтайском крае в 2019–2021 гг. Материалом исследования являлись 55 сортов яровой мягкой пшеницы различного эколого-географического происхождения трех групп спелости. Посев осуществлен в I декаде мая сеялкой ССФК-7 по паровому предшественнику на делянках площадью 10 м². Норма высева – 500 зерен/м². Уборку осуществляли комбайном Wintersteiger classic. В период вегетации отмечали дату наступления колошения. Элементы структуры урожая определены по общепринятой методике. Температуру растительного полога измеряли в фазе молочной спелости в трехкратной повторности с использованием инфракрасного термометра (UT300C). Измерение проводили в жаркий солнечный безоблачный и безветренный день в 50 см над пологом под углом 30° к плоскости делянки. Снижение температуры полога (CTD) рассчитывали по формуле:

$$CTD = T_B - T_{II},$$

где T_B – температура воздуха, T_{II} – температура полога.

Статистическую обработку результатов вели методами дисперсионного и корреляционного анализа.

Погодные условия вегетаций 2019–2021 гг. различались по количеству и распределению осадков и среднесуточным температурам. Однако в течение всех трех лет отмечена засуха в периоды от цветения к полной спелости. Среднемесячная температура июля 2019–2021 гг. практически соответствовала среднегодовому значению, а среднемесячная температура августа превышала среднегодовое значение на 1,3–2,4 °С. Дефицит осадков в 2019–2021 гг. отмечен в мае (от –11 до –23 мм к норме), в 2019 и 2021 гг. – в июле (–22 и –29 мм к норме соответственно). В 2020 г. колошению предшествовал июньский дефицит осадков (–22 мм к норме).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Положительная величина CTD в среднем по сортам отмечена в 2019 и 2021 гг. (6,1 и 2,6 °С) при температуре воздуха 27 и 26 °С соответственно. В 2020 г. при температуре воздуха 31 °С показатель CTD в среднем по сортам составил –0,8 °С. Таким образом, в 2019 и 2021 гг. в момент измерения температуры полога он был прохладнее воздуха, а в 2020 г. – теплее.

Признак «снижение температуры полога» в значительной мере подвержен влиянию погодных условий лет исследования. В то же время установлено достоверное влияние генотипа на вариацию данного признака (см. табл. 1). Взаимодействие факторов

год × генотип было статистически незначимым.

Наиболее прохладным пологом в среднем за три года характеризовались следующие сорта: Алтайская жница (3,5 °С), Степная нива (3,6), Бурлак (3,8), Обская 2 (3,9), Лютесценс 360/96-6, Мерцана, Александр (4,0), Лютесценс 208/08-4 (4,4 °С). Достоверно меньшей способностью к охлаждению полога в сравнении с перечисленными выше генотипами обладали: Омская 41 (0,2 °С), Либертина (1,0), Новосибирская 41, Изера (1,5), Ершовская 34 (1,6), Гренада (1,7), Ершовская 33 (1,8), Столыпинская 2 и Квинтус (1,9 °С) (см. табл. 2).

Корреляционный анализ показал существенную положительную взаимосвязь между CTD и урожайностью в 2020 г. ($r = 0,60$) и 2021 г. ($r = 0,32$). Стабильно на протяжении трех лет CTD положительно коррелировал с длительностью периода всходы – колошение ($r = 0,27–0,37$). В наибольшей степени показатель CTD был сопряжен с морфобиологическими признаками в 2020 г. (см. табл. 3).

На большое количество средовых факторов, влияющих на CTD, обратили внимание первые исследователи. Среди этих факторов следует перечислить запас влаги в почве, ветер, эвапотранспирацию, облачность, температуру воздуха, относительную влажность воздуха и солнечную радиацию [9]. В связи с этим CTD варьирует сильнее других признаков [10, 11]. Данная особенность признака затрудняет его оценку и отбор генотипов с прохладным пологом в условиях засухи и жары.

На положительную корреляцию CTD с признаками продуктивности указывают В. Bahar et al. [12]. Существенная корреляция между CTD и высотой растений, между

Табл. 1. Результат двухфакторного дисперсионного анализа 55 сортов яровой мягкой пшеницы по CTD (2019–2021 гг.)

Table 1. Result of ANOVA for CTD of 55 spring soft wheat cultivars in 2019-2021

Источник варьирования	SS	df	ms	F	$F_{st0,05}$
Год	3923,0	2	1961,5	595,93	3,00
Генотип	321,6	54	6,0	1,81	1,40
Взаимодействие год × генотип	388,0	108	3,6	1,09	1,30
Остаточная дисперсия	1086,2	330	3,3		

Табл. 2. Генотипы яровой мягкой пшеницы с наименьшими и наибольшими значениями CTD (°C) в 2019–2021 гг.

Table 2. Genotypes of spring soft wheat with the highest and lowest CTD (°C) in 2019-2021

Генотип	2019 г.	2020 г.	2021 г.	В среднем
Омская 41	2,0	–3,4	1,9	0,2
Либертина	3,5	–2,8	2,4	1,0
Новосибирская 41	5,0	–2,1	1,6	1,5
Изера	3,7	–1,4	2,1	1,5
Ершовская 34	4,3	–1,5	2,0	1,6
Гренада	3,7	–1,5	2,8	1,7
Ершовская 33	5,2	–1,3	1,5	1,8
Столыпинская 2	5,0	–1,8	2,5	1,9
Квинтус	5,2	–2,6	3,0	1,9
Алтайская жница	6,0	1,5	3,0	3,5
Степная нива	7,4	1,1	3,6	3,6
Бурлак	6,3	1,9	3,3	3,8
Обская 2	7,4	1,8	2,6	3,9
Лютесценс 360/96–6	7,0	0,5	3,3	4,0
Мерцана	7,1	1,5	3,5	4,0
Александр	8,4	0,7	2,7	4,0
Лютесценс 208/08-4	7,4	0,8	4,9	4,4
НСР ₀₅	2,4	3,1	1,3	–

Табл. 3. Парные коэффициенты корреляции между CTD и другими морфобиологическими признаками яровой мягкой пшеницы (2019–2021 гг.)

Table 3. Coefficients of correlation for CTD and other morphological traits of spring soft wheat in 2019-2021

Признак	2019 г.	2020 г.	2021 г.
Длительность периода всходы – колошение	0,30*	0,37*	0,27*
Высота растения	0,26	0,55*	0,24
Коэффициент продуктивной кустистости	–0,04	0,17	–0,19
Длина колоса	0,00	0,48*	–0,13
Количество колосков в колосе	–0,13	0,42*	–0,12
Озерненность главного колоса	–0,04	0,23	–0,03
Масса зерна главного колоса	0,08	0,30*	0,10
Масса 1000 зерен	0,21	0,20	0,25
Урожайность	0,05	0,60*	0,32*

* $r > r_{\text{табл}}$ при $p > 0,95$.

CTD и периодом всходы – колошение, обнаруженная в нашем исследовании, согласуется с ранее известными закономерностями [13, 14]. Следовательно, высокорослые и среднепоздние сорта обладают лучшей способностью к охлаждению и приведению температуры полога к более оптимальной для фотосинтеза, чем низкорослые и среднеранние.

Поскольку во многих исследованиях CTD демонстрирует тесную положительную взаимосвязь с урожайностью в условиях засухи и жары, данный параметр предложен в качестве селекционного критерия засухоустойчивости сортов [15]. Вероятно, несущественную и среднюю корреляцию CTD с урожайностью в 2019 и 2021 годах можно объяснить мягким характером засухи. Так, средняя урожайность с 2019 по 2021 г. составила 4,12; 2,66 и 4,60 т/га соответственно.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате изучения коллекции сортов яровой мягкой пшеницы по параметру CTD выявлены сорта, характеризующиеся прохладным пологом. К ним относятся: Алтайская жница, Степная нива, Бурлак, Обская 2, Лютесценс 360/96-6, Мерцана, Александр, Лютесценс 208/08-4. Установлена существенная стабильная корреляция изучаемого параметра с продолжительностью периода всходы – колошение ($r = 0,27–0,37$), а также положительная корреляция с урожайностью в два года из трех ($r = 0,32$ и $0,60$). Однако нестабильность исследуемого признака по годам затруднит его использование в практической селекции пшеницы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kundzewicz Z.W., Mata L.J., Arnell N.W., Döll P., Jimenez B., Miller K. The implications of projected climate change for freshwater resources and their management // *Hydrological sciences journal*. 2008. Vol. 53. N 1. P. 3–10. DOI: 10.1623/hysj.53.1.3.
2. Калинин Н.И. Принципиальная схема агрометеорологической оценки засух, засушливости территории и засухоустойчивости сельскохозяйственных культур: методические указания. Л., 1981. 37 с.
3. Sofi P.A., Ara A., Gull M., Rehman K. Canopy temperature depression as an effective physiological trait for drought screening // *Drought-detection and solutions*. Intechopen, 2019. P. 77–92. DOI: 10.5772/intechopen.85966.
4. Кожушко Н.Н., Волкова А.М., Удачин Р.А., Удовенко Г.В. Изучение засухоустойчивости коллекционных образцов яровой пшеницы лабораторными методами // *Сельскохозяйственная биология*. 1977. Т. 12. № 4. С. 529–533.
5. Rebetzke G.J., Condon A.G., Richards R.A., Farquhar G.D. Selection for reduced carbon-isotope discrimination increases aerial biomass and grain yield of rainfed bread wheat // *Crop science*. 2002. Vol. 42. N 3. P. 739–745. DOI: 10.2135/cropsci2002.0739.
6. Blum A., Mayer J., Gozlan G. Infrared thermal sensing of plant canopies as a screening technique for dehydration avoidance in wheat // *Field crops research*. 1982. Vol. 5. P. 137–146. DOI: 10.1016/0378-4290(82)90014-4.
7. Sohail M., Hussain I., Qamar M., Tanveer S.K., Abbas S.H., Ali Z., Imtiaz M. Evaluation of spring wheat genotypes for climatic adaptability using canopy temperature as physiological indicator // *Pakistan journal of agricultural research*. 2020. Vol. 33. Is. 1. P. 89–96. DOI: 10.17582/journal.pjar/2020/33.1.89.96.
8. Pinto R.S., Reynolds M.P. Common genetic basis for canopy temperature depression under heat and drought stress associated with optimized root distribution in bread wheat // *Theoretical and applied genetics*. 2015. Vol. 128. P. 575–585. DOI: 10.1007/s00122-015-2453-9.
9. Reynolds M.P., Nagarajan S., Razzaque M.A., Ageeb O.A.A. Breeding for adaptation to environmental factors, heat tolerance // *Application of physiology in wheat breeding*. Mexico, DF: CIMMYT. 2001. P. 124–135.
10. Kumar J., Kumar M., Kumar A., Singh S.K., Singh L. Estimation of Genetic Variability and Heritability in Bread Wheat under Abiotic Stress // *International journal of pure and applied bioscience*. 2017. Vol. 5, N 1. P. 156–163. DOI: 10.18782/2320-7051.2475.
11. Sharma D., Jaiswal J.P., Singh N.K., Chauhan A., Gahtyari N.C. Developing a Selection Criterion for Terminal Heat Tolerance in Bread Wheat Based on Various Morpho-Physiological Traits // *International journal of current microbiology and applied sciences*. 2018. Vol. 7. N 7. P. 2716–2726. DOI: 10.20546/ijcmas.2018.707.318.
12. Bahar B., Yildirim M., Barutcular C., Genc I. Effect of CTD on grain yield and yield component in bread and durum wheat // *Notulae botanicae horti agrobotanici cluj-napoca*. 2008. Vol. 36. N 1. P. 34–37. DOI: 10.15835/nbha36187.
13. Lopes M.S., Reynolds M.P., Manes Y., Singh R.P., Crossa J., Braun H.J. Genetic yield gains and changes in associated traits of CIMMYT spring bread wheat in a “historic” set representing 30 years of breeding // *Crop science*. 2012. Vol. 52. P. 1123–1131. DOI: 10.2135/cropsci2011.09.0467.
14. Mason R.E., Singh R.P. Considerations when deploying canopy temperature to select high yielding wheat breeding lines under drought and heat stress // *Agronomy*. 2014. Vol. 4. N 2. P. 191–201. DOI: 10.3390/agronomy4020191.
15. Gautam A., Prasad S.V.S., Jajoo A., Ambati D. Canopy temperature as a selection parameter for grain yield and its components in durum wheat under terminal heat stress in late sown conditions // *Agricultural Research*. 2015. Vol. 4. P. 238–244. DOI: 10.1007/s40003-015-0174-6.

REFERENCES

1. Kundzewicz Z.W., Mata L.J., Arnell N.W., Döll P., Jimenez B., Miller K. The implications of projected climate change for freshwater resources and their management. *Hydrological sciences journal*, 2008, vol. 53, no. 1, pp. 3–10. DOI: 10.1623/hysj.53.1.3.
2. Kalinin N.I. *Principal scheme of agrometeorological assessment of drought, drought prone territory and drought tolerance of crops*. Leningrad, 1981, 37 p. (In Russian).
3. Sofi P.A., Ara A., Gull M., Rehman K. Canopy temperature depression as an effective physi-

- ological trait for drought screening. Drought-detection and solutions. *Intechopen*, 2019, pp. 77–92. DOI: 10.5772/intechopen.85966.
4. Kozhushko N.N., Volkova A.M., Udachin R.A., Udovenko G.V. Evaluation of drought resistance in genotypes of spring wheat by laboratory methods. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya = Agricultural biology*, 1977, vol. 12, no. 4, pp. 529–533. (In Russian).
 5. Rebetzke G.J., Condon A.G., Richards R.A., Farquhar G.D. Selection for reduced carbon-isotope discrimination increases aerial biomass and grain yield of rainfed bread wheat. *Crop science*, 2002, vol. 42, no. 3, pp. 739–745. DOI: 10.2135/cropsci2002.0739.
 6. Blum A., Mayer J., Gozlan G. Infrared thermal sensing of plant canopies as a screening technique for dehydration avoidance in wheat. *Field crops research*, 1982, vol. 5, pp. 137–146. DOI: 10.1016/0378-4290(82)90014-4.
 7. Sohail M., Hussain I., Qamar M., Tanveer S.K., Abbas S.H., Ali Z., Imtiaz M. Evaluation of spring wheat genotypes for climatic adaptability using canopy temperature as physiological indicator. *Pakistan journal of agricultural research*, 2020, vol. 33, is. 1, pp. 89–96. DOI: 10.17582/journal.pjar/2020/33.1.89.96.
 8. Pinto R.S., Reynolds M.P. Common genetic basis for canopy temperature depression under heat and drought stress associated with optimized root distribution in bread wheat. *Theoretical and applied genetics*, 2015, vol. 128, pp. 575–585. DOI: 10.1007/s00122-015-2453-9.
 9. Reynolds M.P., Nagarajan S., Razzaque M.A., Ageeb O.A.A. Breeding for adaptation to environmental factors, heat tolerance. *Application of physiology in wheat breeding*. Mexico, DF: CIMMYT, 2001, pp. 124–135.
 10. Kumar J., Kumar M., Kumar A., Singh S.K., Singh L. Estimation of Genetic Variability and Heritability in Bread Wheat under Abiotic Stress, *International journal of pure and applied bioscience*, 2017, vol. 5, no. 1, pp. 156–163. DOI: 10.18782/2320-7051.2475.
 11. Sharma D., Jaiswal J.P., Singh N.K., Chauhan A., Gahtyari N.C. Developing a Selection Criterion for Terminal Heat Tolerance in Bread Wheat Based on Various Morpho-Physiological Traits. *International journal of current microbiology and applied sciences*, 2018, vol. 7, no. 7, pp. 2716–2726. DOI: 10.20546/ijemas.2018.707.318.
 12. Bahar B., Yildirim M., Barutcular C., Genc I. Effect of CTD on grain yield and yield component in bread and durum wheat. *Notulae botanicae horti agrobotanici cluj-napoca*, 2008, vol. 36, no. 1, pp. 34–37. DOI: 10.15835/nbha36187.
 13. Lopes M.S., Reynolds M.P., Manes Y., Singh R.P., Crossa J., Braun H.J. Genetic yield gains and changes in associated traits of CIMMYT spring bread wheat in a “historic” set representing 30 years of breeding. *Crop science*, 2012, vol. 52, pp. 1123–1131. DOI: 10.2135/cropsci2011.09.0467.
 14. Mason R.E., Singh R.P. Considerations when deploying canopy temperature to select high yielding wheat breeding lines under drought and heat stress. *Agronomy*, 2014, vol. 4, no. 2, pp. 191–201. DOI: 10.3390/agronomy4020191.
 15. Gautam A., Prasad S.V.S., Jajoo A., Ambati D. Canopy temperature as a selection parameter for grain yield and its components in durum wheat under terminal heat stress in late sown conditions. *Agricultural Research*, 2015, vol. 4, pp. 238–244. DOI: 10.1007/s40003-015-0174-6.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Лепехов С.Б.**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 656910, Алтайский край, Барнаул, Научный городок, 35; e-mail: sergei.lepehov@yandex.ru

Петин В.А., младший научный сотрудник

Валежанин В.С., кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник

Коробейников Н.И., кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник

AUTHOR INFORMATION

✉ **Sergey B. Lepekhov**, Candidate of Science in Agriculture, Lead Researcher; **address:** 35, Nauchny Gorodok, Barnaul, Altai Territory, 656910, Russia; e-mail: sergei.lepehov@yandex.ru

Vadim A. Petin, Junior Researcher

Vitaly S. Valekzhanin, Candidate of Science in Agriculture, Lead Researcher

Nikolay I. Korobeinikov, Candidate of Science in Biology, Lead Researcher

Дата поступления статьи / Received by the editors 26.05.2022
Дата принятия к публикации / Accepted for publication 08.08.2022
Дата публикации / Published 27.12.2022