

Оригинальная статья / Original article

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-3-10-15>  
УДК: 635.649:631.524.85

Ш.Н. Ражаметов <sup>1\*</sup>,  
Мёнг-Чеол Чо <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Научно-исследовательский институт  
генетических ресурсов растений  
г. Ташкент, Узбекистан

<sup>2</sup> Национальный научно-исследовательский институт  
плодовощеводства и лекарственных растений  
Республики Корея  
г. Ванжу, Республика Корея

\*Автор для переписки: sherzod\_2004@list.ru

**Вклад авторов:** Ш.Н. Ражаметов: проведение исследования, концептуализация, методология, создание черновика рукописи; М.-Ч. Чо: руководство исследованием, ресурсы, создание рукописи и редактирование.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Финансирование.** Это исследование было поддержано грантом (Project No: PJ01267102 "Study on the physiological mechanism of temperature adaptable pepper lines") the National Institute of Horticultural and Herbal Science, Rural Development Administration.

**Для цитирования:** Ражаметов Ш.Н., Чо М.-Ч. Поиск генотипов перца с высокой адаптивной способностью к ночным низким температурам на основе изучения физиологических особенностей. *Овощи России*. 2025;(3):10-15. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-3-10-15>

**Поступила в редакцию:** 18.02.2025  
**Принята к печати:** 28.03.2025  
**Опубликована:** 07.07.2025

Sherzod N. Rajametov <sup>1\*</sup>,  
Myeong-Cheoul Cho <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Research institute of plant genetic resources  
Tashkent, Uzbekistan.

<sup>2</sup> National Institute of Horticultural &  
Herbal Science, Rural Development Administration  
Wanju, 55365, Republic of Korea

\*Correspondence: sherzod\_2004@list.ru

**Authors' Contribution:** Sh.N. Rajametov: study implementation, conceptualization, methodology, manuscript drafting; M.-C. Cho: study supervision, resources, manuscript drafting, and editing.

**Funding.** This study was supported by a grant (Project No: PJ01267102 "Study on the physiological mechanism of temperature adaptable pepper lines") from the National Institute of Horticultural and Herbal Science, Rural Development Administration.

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest concerning the research, authorship, and/or publication of this article.

**For citation:** Rajametov Sh.N., Cho M.-C. Search for pepper genotypes with high adaptive ability to low night temperatures based on the study of physiological characteristics. *Vegetable crops of Russia*. 2025;(3):10-15. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-3-10-15>

**Received:** 18.02.2025  
**Accepted for publication:** 28.03.2025  
**Published:** 07.07.2025

# Поиск генотипов перца с высокой адаптивной способностью к ночным низким температурам на основе изучения физиологических особенностей

## РЕЗЮМЕ

**Актуальность.** Глобальные изменения климата, характеризующиеся колебаниями температур, увеличением частоты экстремальных температурных явлений, таких как тепловой и холодовой стресс, становятся серьезной угрозой для урожайности сельскохозяйственных культур. В данной статье представлены результаты исследования адаптивных свойств различных генотипов перца к низким ночным температурам на основе их физиологических характеристик, что является актуальной работой в области селекции растений.

**Материал и методы.** Экспериментальный дизайн этого исследования был полностью рандомизированным и использовалась строгая методика измерений репродуктивных параметров у 39 геотипов перца. Саженцы перца высаживали в одинаковой схеме в теплицах с разными температурными режимами (10°C и 15°C), и для каждой из трех независимых биологических повторности случайным образом выбирали по три растения из десяти, чтобы измерить параметры репродуктивных органов. Сбор данных и статистический анализ проводился с общепринятыми методами.

**Результаты.** Установлено, что низкие ночные температуры существенно влияют развития репродуктивных органов и снижают урожайность большинства генотипов, однако "NW Bigarim" и "Desi" проявили устойчивость к холодовому стрессу. Генотипическая зависимость реакции растений подтверждается меньшей чувствительностью генотипов "Nikar" и "Dar Tashkenta". Температурный стресс уменьшал размер плодов и способствовал формированию бессемянных экземпляров, но у генотипа "Monori tf.", напротив, количество семян увеличилось. Полученные данные подчеркивают значимость отбора устойчивых генотипов для селекции и успешного выращивания перца в условиях пониженных температур.

## КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

перец, генотип, температура, цветы, плоды, урожайность



# Search for pepper genotypes with high adaptive ability to low night temperatures based on the study of physiological characteristics

## ABSTRACT

### Relevance.

### Methodology.

### Results.

This article presents the results of a study on the adaptive properties of various pepper genotypes to low nighttime temperatures (LT) based on their physiological characteristics. It was found that LT slow down growth and reduce yield in most varieties; however, C22 and P08 exhibited resistance to cold stress. The genotypic dependence of plant response is confirmed by the lower sensitivity of varieties C17 and P06. Temperature stress reduced fruit size and contributed to the formation of seedless fruits, whereas in variety C12, the number of seeds increased. The obtained data highlight the importance of selecting resistant genotypes for breeding and successful pepper cultivation under low-temperature conditions.

## KEYWORDS:

pepper, genotype, temperature, flower, fruit, yield

## Введение

Перцы являются теплолюбивыми культурами, чувствительными к низким температурам, которые могут оказывать значительное влияние на их рост и развитие. Низкая температура является важнейшим фактором, влияющим на роста и развития. В условиях изменения климата вероятность возникновения экстремальных температурных колебаний возрастает, что делает этот фактор ещё более актуальным для сельского хозяйства [1-3].

Ночные низкие температуры оказывают заметное влияние на прорастание семян, рост рассады, морфологию листьев, вегетативных и генеративных органов перца в разных стадиях развития [4-11].

Адаптация растений перцев к температурным стрессам зависит от целого ряда факторов, среди которых можно выделить особенности метаболизма, антителесных и антиоксидантных систем, а также роль осмолитов и термошок-протеинов [12-14]. Эти биохимические компоненты помогают растениям поддерживать клеточные структуры и обмен веществ в условиях стресса. Однако для создания устойчивых сортов необходимо не только понимать механизмы адаптации, но и эффективно применять эти знания в селекционных программах, интегрируя физиологические и биохимические данные с агрономическими характеристиками растений.

Таким образом, существует необходимость в дальнейшем изучении физиологических аспектов реакции на низкие температуры у генотипов перца с различными типами плодов. Поэтому селекционная программа для создания сортов перца с устойчивостью к низким температурам должна сосредоточиться на ночной температуре.

## Материалы и методы исследований

В этом исследовании оценивалась реакция 39 генотипов перца включая как острые, так и перец болгарского (Таблица 1) мирового генофонда Национального научно-исследовательского института плодовоовощеводства и лекарственных растений Республики Корея на ночные низкие температуры. Были оценены репродуктивные параметры: такие как количество цветов, количество плодов, урожайность, диаметр плода, длина плода, вес плода, количество семян в плодах на 120-й день после посадки.

Семена были посеяны в лотки 28 сентября 2020 года. Для проращивания использовались пластиковые лотки размером 52×26 см с ячейками 6×6 см. Эти лотки были помещены в теплицу, где поддерживалась оптимальная температура (26/18°C днем и ночью) и относительная влажность (65–70%). Растениям ежедневно предоставлялся литр воды. После периода роста и развития рассады, 13

Таблица 1. Список генотипов перца *Capsicum annuum* L. острого и перец болгарского  
Table 1. List of genotypes of *Capsicum annuum* L. hot pepper and bell pepper

| Форма плода      | ID номер | Номер | Название сорта                     |
|------------------|----------|-------|------------------------------------|
| Перец острый     | 20LT01   | C01   | Kobra                              |
|                  | 20LT02   | C02   | Bekesi tf.                         |
|                  | 20LT03   | C03   | 16HT9                              |
|                  | 20LT04   | C04   | 16HT7                              |
|                  | 20LT05   | C05   | Local ladozhskiy                   |
|                  | 20LT07   | C06   | 16HT1                              |
|                  | 20LT08   | C07   | AVPP1248                           |
|                  | 20LT09   | C08   | AVPP1249                           |
|                  | 20LT10   | C09   | Yeongyang haneulcho                |
|                  | 20LT11   | C10   | Jeonbunsunchang-1985-gochu102827   |
|                  | 20LT12   | C11   | Jeonbukimsil-1985-gochu105233      |
|                  | 20LT13   | C12   | Monori tf.                         |
|                  | 20LT14   | C13   | BGH 1806                           |
|                  | 20LT16   | C14   | Ardei Lung Plovdiv                 |
|                  | 20LT19   | C15   | Mie-Midori                         |
|                  | 20LT27   | C16   | Bandung Jaelaejong                 |
|                  | 20LT28   | C17   | NIKAR                              |
|                  | 20LT29   | C18   | 256                                |
|                  | 20LT30   | C19   | N2                                 |
|                  | 20LT31   | C20   | N32                                |
|                  | 20LT32   | C21   | Kukon                              |
|                  | 20LT36   | C22   | NW Bigarim                         |
|                  | 20LT37   | C23   | Bigstar                            |
|                  | 20LT38   | C24   | Noggwang                           |
|                  | 20LT39   | C25   | Cheongyang                         |
|                  | 20LT40   | C26   | Kalcho                             |
|                  | 20LT41   | C27   | Samcheok Jaelae                    |
| Перец болгарский | 20LT06   | P01   | Vanity                             |
|                  | 20LT15   | P02   | Sredneaziatskiy sladkiy            |
|                  | 20LT17   | P03   | Beliy krugliy                      |
|                  | 20LT20   | P04   | Sweet chocolate                    |
|                  | 20LT21   | P05   | Urias Dulce                        |
|                  | 20LT23   | P06   | Dar Tashkenta                      |
|                  | 20LT24   | P07   | Krupnoplodniy udlinennokonicheskiy |
|                  | 20LT25   | P08   | Desi                               |
|                  | 20LT33   | P09   | Bogatyr                            |
|                  | 20LT34   | P10   | Macho                              |
|                  | 20LT35   | P11   | Gourmet F <sub>1</sub>             |
|                  | 20LT42   | P12   | Zheltiy                            |

ноября 2020 года растения были пересажены в две теплицы из полиэтиленовой пленки для дальнейшего исследования.

Для создания оптимальных условий в пленочных теплицах, в которых проводился эксперимент, саженцы перца высаживали по 10 растений на образец на расстоянии 1,5 м × 35 см между растениями. С целью адаптации растений к новым условиям, первую неделю ночная температура поддерживалась на уровне 15°C в обеих теплицах, после чего она была снижена до 10°C в теплице с низкой температурой (LT) и оставлена на уровне 15°C в контрольной теплице (СТ). В рисунке 1 представлен данные дневного и ночного температурного режима за период вегетации растений перца.

Подготовка почвы в теплицах, фертигация, контроль за распространением вредителей и болезней и температурный режим осуществлена согласно ранее описанным методам [16].

Для анализа репродуктивных параметров перца использовалась строгая методика измерений. Сорт перца высаживали в одинаковой схеме в теплицах с разными температурными режимами, и для каждой из трех независимых биологических повторности случайным образом выбирали по три растения из десяти, чтобы измерить параметры.

Репродуктивные показатели включали: количество цветов, которое определяли на растениях с 2-го по 5-е междоузлия, количество плодов, урожайность, которые измерялись случайным образом на трех разных растениях.

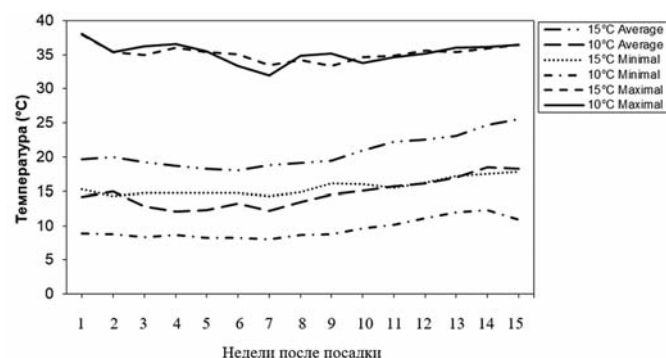
Для оценки характеристик плодов собирали пять типичных плодов с каждого образца. Включали такие измерения, как: сырая масса плодов, длина плода, диаметр плода, количество семян в плоде. Измерения проводились с помощью цифровых электронных весов, линейки и штангенциркуля для точности данных.

Методика статистического анализа, примененная в этом исследовании, была тщательно продумана для оценки различий между вегетативными и репродуктивными параметрами растений перца, выращиваемых при различных температурных режимах.

Тест Студента (Student's t-test) с использованием программного обеспечения EXCEL 2016 был использован для оценки статистически значимых различий между значениями репродуктивных параметров, таких как: количество цветов и плодов, урожайность, диаметр и длина плода, вес плода и количество семян в плодах.

## Результаты и обсуждения

Влияние низких температур на формирование цветов варьировалось в зависимости от генотипических характеристик каждого генотипа перца. Некоторые генотипы сохраняли стабильное или



**Рис. 1. Температурный режим воздуха измеряли в тепличных условиях в период выращивания перца в 10 и 15°C, соответственно. Данные отслеживались и записывались с недельным интервалом с 10 декабря 2020 года по 9 марта 2021 года**

**Fig. 1. Air temperature was measured in greenhouse conditions during the pepper growing period at 10 and 15°C, respectively. Data was monitored and recorded at weekly intervals from December 10, 2020 to March 9, 2021**

даже лучшее развитие цветков при пониженных ночных температурах, в то время как у других сортов наблюдалось существенное снижение количество цветов в условиях низких температур. Это подчеркивает, что не все образцы перца одинаково восприимчивы к низким температурам, и генетические особенности имеют ключевое значение для того, как растения будут реагировать на холод.

Пониженные температуры также оказывали влияние на количество плодов и урожайность. В большинстве случаев низкие температуры снижали эти показатели. Однако, как и в случае с количеством цветов, реакции разных генотипов на низкие температуры различались.

Это указывает на то, что некоторые образцы могут быть более устойчивыми к температурным стрессам и сохранять более высокую продуктивность даже при сниженных температурах.

Эти данные могут быть полезными для дальнейших селекционных программ, направленных на улучшение устойчивости перца к низким температурам, что может быть особенно важно для выращивания в зимних теплицах.

Для определения реакции различных генотипов перца на низкие температуры были исследованы репродуктивные параметры количество цветов, количество плодов и урожайность на 120 день после посадки в теплицах с низкой и нормальной ночной температуры. Влияние низкой температуры на формирование цветов было различным в зависимости от генотипических свойств каждого образца перца (рис. 2А).

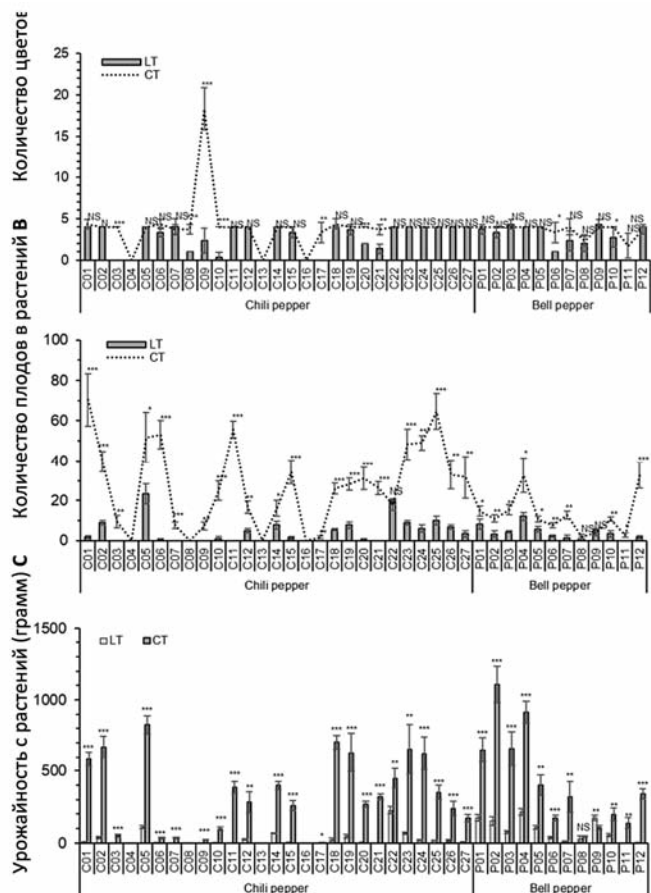
В условиях низких температур, так и в условиях нормальных температур органы цветка у генотипов "16HT1", "BGH 1806" и "Bandung Jaelaejong" не развивались, а у "16HT9", "Nikar" и "Gourmet F1" они развивались в условиях нормальных температур, но не в условиях ночных низких температур. Никаких существенных различий в количество цветов не наблюдалось, за исключением генотипов "Dar Tshkenta" и "Macho" между двумя условиями выращивания. Кроме того, впоследствии, на 120 день после посадки, было оценено влияние низких температур на количество плодов на одно растение, где наблюдалось значительное снижение у большинства генотипов перца при низких температурах (рис. 2В).

Примечательно, что генотипы перца острого "16HT7", "AVPP1249", "BGH 1806" и "Bandung Jaelaejong" не плодоносили ни в условиях ночных низких температур, ни в нормальном режиме выращивания, тогда как показатели количество плодов у генотипов "NW Bigarim", "Desi" и "Bogatyr" не различались между двумя условиями возделывания. Поскольку высокая урожайность является одним из наиболее важных параметров в селекционных программах для определения устойчивых генотипов перца к низким температурам, была проведена оценка урожайность, и она резко снизилась у большинства образцов при низких температурах по сравнению с растениями в нормальных условиях, за исключением генотипов перца болгарского "Desi" и "Bogatyr" (рис. 2С).

Интересно, что самый высокий показатель урожайности, свыше 500 г, был выявлен у генотипов перца острого "Kobra", "Bekesi tf.", "Local ladozhskiy", "256", "N2", "Bigstar" и "Noggwang", а также у перца болгарского "Vanity", "Sredeaziatskiy sladkiy", "Beliy krugliy" и "Sweet chocolat" в условиях контроля, тогда как в условиях низких температур самый высокий показатель был отмечен у генотипа перца острого "NW Bigarim" (226,7 г) и перца болгарского "Sweet chocolate" (215,0 г).

Показатель диаметр плода резко снизился у большинства генотипов перца в условиях низких ночных температур по сравнению с растениями в контроле (рис. 3А).

Однако не было обнаружено существенной разницы в показателе диаметр плода у генотипов "Bigstar", "Vanity" и "Sweet chocolate" между двумя условиями выращивания. Плоды генотипов перца острого "Bekesi tf.", "Local ladozhskiy", "Ardei Lung Plovdiv", "Mie-



**Рис. 2. Оценка репродуктивных признаков по количеству цветков (А), количеству плодов (В) и урожайности (С) у генотипов перца в теплицах LT и СТ. Существенные различия оценивали с помощью Student's t-test при  $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,01$  и  $p \leq 0,001$  и обозначали \*, \*\* и \*\*\* соответственно. NS означает незначительное значение, а столбцы обозначают  $\pm$  стандартное отклонение ( $n=3$ )**  
**Fig. 2. Evaluation of reproductive traits for flower number (A), fruit number (B) and yield (C) in pepper genotypes in LT and CT greenhouses. Significant differences were assessed using Student's t-test at  $p \leq 0.05$ ,  $p \leq 0.01$  and  $p \leq 0.001$  and were marked as \*, \*\* and \*\*\*, respectively. NS means not significant and bars represent  $\pm$  standard deviation ( $n=3$ )**

Midori", "Kukon" и "NW Bigarim", а также перца болгарского "Sredneaziatskiy sladkiy", "Beliy krugliy", "Urias Dulce" и "Macho" имели самый большой диаметр плодов — более 25 мм и 60 мм соответственно в условиях контроля.

В то время как в условиях низкой температуры генотипы перца острого "Bekesi tf.", "Local ladozhskiy", "Ardei lung Plovdiv", "NW Bigarim" и "Bigstar", а также перца болгарского "Vanity", "Sredneaziatskiy sladkiy", "Urias Dulce", "Desi" и "Bogatyr" имели наибольший диаметр плодов — более 15 мм и 50 мм соответственно (рис. 3А).

В предыдущих исследованиях сообщалось, что диаметр плода тесно связано с индексом длины плода [13, 14]. Чтобы подтвердить влияние низких температур на длину плода, вместе с диаметром плода был измерен длина плода среди 39 генотипов перца, и было выявлено, что длина плода у большинства генотипов перца в условиях низких температур заметно снижается по сравнению с растениями в контроле (рис. 3В).

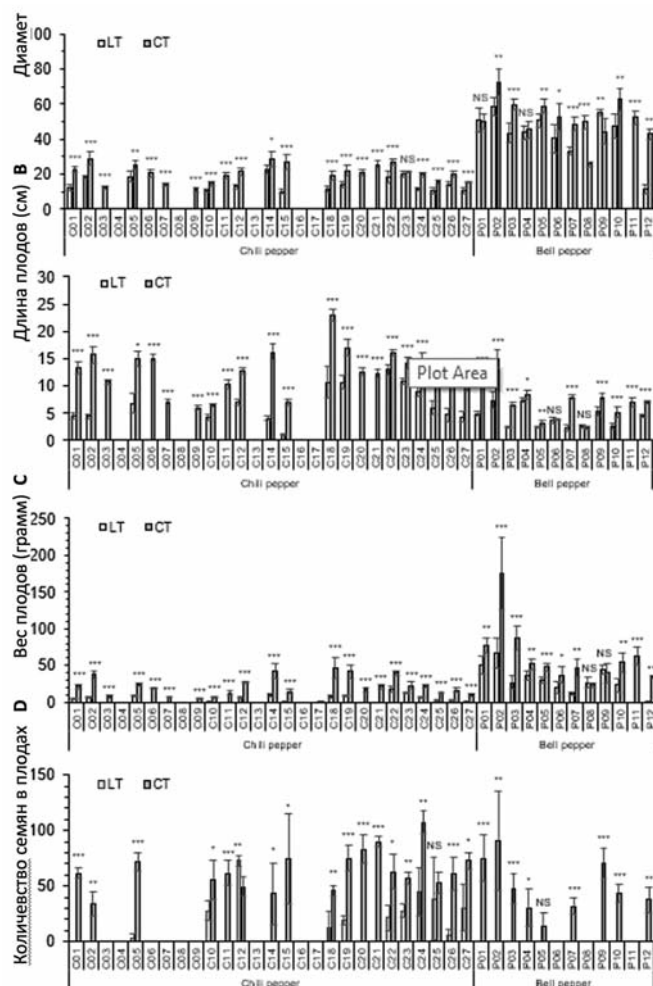
Однако у генотипов P06 и P08 существенных различий в параметрах длины плода не наблюдалось в обоих условиях выращивания. Так, в условиях контроля у генотипов перца острого "Bekesi tf.", "Local ladozhskiy", "16HT1", "Ardei Lung Plovdiv", "256", "N2", "NW Bigarim", "Bigstar" и "Noggwang", а также у перца болгарского "Vanity" и "Sredneaziatskiy sladkiy" наблюдалось формирование плодов с длиной более 15 см и 10 см соответственно. В то время как у geno-

типов перца острого "256", "N2", "NW Bigarim" и "Bigstar" и перца болгарского "Sredneaziatskiy sladkiy", "Sweet chocolate" и "Bogatyr" наблюдались самые длинные плоды — более 10 см и 5 см соответственно в условиях низких температур.

Также было исследовано влияние температурного режима на показатель сырой массы плода, где у большинства генотипов перца в условиях низких температур он снизился по сравнению с растениями в контроле, за исключением генотипа перца болгарского "Desi" и "Bogatyr", у которых не выявлено существенных различий в индексах массы плода между двумя условиями выращивания (рис. 3С).

В одном исследовании было определено влияние ночных низких температур на развитие семян в плодах перца, что вызвало рост бессемянных плодов (так называемая партенокарпия) и снижение товарности плодов [14].

Для дальнейшего подтверждения влияния низких температур на развитие семян подсчитывали развитых количество семян в плодах. Результаты показали, что количество семян в плодах существенно сокращается у различных генотипов перца острого, тогда как во всех плодах перца болгарского не развивались семена в условиях низких ночных температур (рис. 3Д).



**Рис. 3. Оценка репродуктивных признаков по диаметру плода (А), длине плода (В), весу плода (С) и количеству семян в плодах (Д) у генотипов перца в теплицах LT и СТ. Существенные различия оценивали с помощью Student's t-test при  $p \leq 0,05$ ,  $p \leq 0,01$  и  $p \leq 0,001$  и обозначали \*, \*\* и \*\*\* соответственно. NS означает незначительное значение, а столбцы обозначают  $\pm$  стандартное отклонение ( $n=3$ )**  
**Fig. 3. Evaluation of reproductive traits for fruit diameter (A), fruit length (B), whole fruit (C) and number of seeds per fruit (D) in pepper genotypes in LT and CT greenhouses. Significant differences were assessed using Student's t-test at  $p \leq 0.05$ ,  $p \leq 0.01$  and  $p \leq 0.001$  and were marked as \*, \*\* and \*\*\*, respectively. NS means not significant and bars represent  $\pm$  standard deviation ( $n=3$ )**

Однако у генотипов P06 и P08 существенных различий в параметрах длины плода не наблюдалось в обоих условиях выращивания. Так, в условиях контроля у генотипов перца острого "Bekesi tf.", "Local ladozhskiy", "16HT1", "Ardei Lung Plovdiv", "256", "N2", "NW Bigarim", "Bigstar" и "Noggwang", а также у перца болгарского "Vanity" и "Sredneaziatskiy sladkiy" наблюдалось формирование плодов с длиной более 15 см и 10 см соответственно. В то время как у geno-

Интересно, что количество семян в плодах у генотипа “Monori tf.” увеличилось при условии низких температур по сравнению с растениями в контроле, и не было обнаружено заметной разницы в количестве семян в плодах у генотипов “Cheongyang” и “Urias Dulce” между двумя условиями. Кроме того, самый высокий индекс формирования семян — более 80, 70 и 40 семян в плодах — был отмечен у генотипов острого перца “N32”, “Kukon” и “Noggwang”, а также у перца болгарского “Vanity”, “Sredneaziatskiy sladkiy” и “Bogatyr” в нормальных условиях выращивания, а в условиях низкой температуры самый высокий показатель — более 40 семян — наблюдался у “Monori tf.”, “Noggwang” и “Cheongyang”.

Обобщая полученных данных в результате исследования и литературных источников растения перца естественным образом подвергаются резкому холодовому стрессу в зимний период в сельском хозяйстве и обладают клеточными и молекулярными механизмами для акклиматизации и преодоления низкотемпературного стресса [16-18].

Предыдущие исследования продемонстрировали реакцию генотипов перца на условия низких температур с ограниченными наборами образцов, в основном по репродуктивным признакам, включая морфологию цветков, форму плодов и урожайность [14, 19, 20]. Кроме того, влияние низких температур на агрономические показатели определяли преимущественно у перца сладкого.

В данном исследовании мы оценили 39 генотипов перца, включая перца острого ( $n = 27$ ) и перца болгарского ( $n = 12$ ), а также оценили репродуктивные признаки в течение всего периода роста и развития перца в условиях низких температур, что могло бы экономически снизить потребность в энергии при выращивании перца в зимний период в теплице.

В соответствии с нашими предыдущими исследованиями, текущие результаты также показали, что количество цветов у большинства генотипов перца не выявило заметных различий в растениях в обоих условиях выращивания, хотя количество цветов был снижен у нескольких сортов перца острого и перца болгарского.

Несмотря на это, нам не ясно, почему влияние ночные низкие температуры на количество цветов в большинстве генотипов не изменилось. Дальнейшие исследования должны быть направлены на выяснение механизмов воздействия низких температур на количество цветов у растений перца с учетом низкой температуры воздуха и в области корней.

Предыдущие исследования показали, что количество плодов тесно связано с урожайностью при низких температурах [8, 19] и что количество плодов и степень завязывание плодов были ключевыми определяющими факторами для выбора устойчивых к низким температурам томатов и перца с высокой урожайностью плодов [20].

В соответствии с предыдущими исследованиями, влияние низких температур на количество плодов и урожайность привело к резкому снижению по сравнению с контролем, что позволяет предположить, что количество плодов и урожайность тесно коррелируют при низких температурах. Кроме того, низкая температура повлияла на снижение показателей диаметра и длины плода и формирования семян в плодах, что привело к развитию неправильной формы плодов. Эти данные согласуются с предыдущими исследованиями, которые выявили эффекты низких температур на морфологию цветков и развитие плодов [14].

В исследованиях было установлено, что воздействие низких температур на форму пыльников и завязей вызывает аномальное развитие органов цветка, включая задержку роста тычинок, уменьшение количества и снижение активности пыльцы, что препятствует опылению и оплодотворению [14, 22]. В дальнейшем это приводит к образованию аномальных плодов и партенокарпических плодов с низким количеством семян [14, 23].

Также, предыдущие исследования показали, что под воздействием низких температур нарушение формы плодов у растений риса, манго и перца вызвано набухшей завязью и укороченным столбиком [20, 24, 25], что указывает на то, что развитие органов цветка с тычинкой и завязью очень чувствительно к низким температурам воздуха.

Кроме того, партенокарпические плоды и снижение количество семян в плодах были связаны с балансом растительных гормонов, включая ауксин, гиббереллин и цитокинин, из-за отсутствия оплодотворения, но это, возможно, не может быть связано с дефектами опыления [26, 27].

Кроме того, некоторые исследования предположили, что механизм факторов развития плодов, включая диаметр и длина плода, и масса плода, скорее всего, общий [12, 13].

Учитывая, что в одном исследовании упоминалось, что длина плода регулируется от 3 до 10 пар генов и, скорее всего, зависит от условий окружающей среды [28], дальнейшие исследования должны изучить механизм того, как факторы развития плодов регулируются кластерами генов.

Как упоминалось в предыдущих публикациях [29-31], снижение количество плодов у сладкого перца при низких температурах было связано с показателями урожайности, что свидетельствует о тесной корреляции между признаками.

В соответствии с нашими текущими результатами, предыдущий PCA-анализ растений томата также показал сильную корреляцию с урожайностью и количеством плодов под воздействием низких ночных температур [15], что позволяет предположить, что количество плодов играет важную роль в определении параметров, связанных с урожайностью, таких как степень завязывание плодов и урожайность растений перца для селекционных программ при выборе сорта перца, устойчивого к ночным низким температурам.

В нашем ранее представленном результатах исследовании при выборе критериев отбора толерантных томатов к ночным низким температурам было установлено, что растения томата показывают разные вегетативные и репродуктивные показатели в зависимости от типа плодов [15].

На основе кластеризации 39 генотипов перца мы выбрали генотипы перца острого и болгарского (“Bigstar” и “NW Bigarim”; “Desi” и “Bogatyr”) устойчивых к низким температурам, которые преимущественно демонстрировали высокие значения репродуктивных индексов, таких как урожайность, масса и диаметр плода.

Интересно, что формы плодов чувствительных генотипов перца острого и болгарского к низким температурам были значительно меньше по сравнению с показателями в контроле, в то время как формы плодов толерантных генотипов были либо аналогичны, либо несколько меньше по сравнению с таковыми у растений в контроле. Наши результаты показали, что длина и диаметр плода сыграли решающую роль в выборе генотипов, устойчивых к ночным низким температурам.

## Выводы

Ночные низкие температуры привели к снижению формирования количество цветов, плодов и урожайности у большинства генотипов, но “NW Bigarim” и “Desi” не показали существенных различий между двумя температурными режимами, что подтверждает их устойчивость. Температурный стресс также снизил размеры плодов у большинства генотипов, хотя некоторые (например, “Desi” и “Bogatyr”) не изменились. Ночные низкие температуры также повлияли на количество семян, приводя к образованию бессемянных плодов, но генотип “Monori tf.” показал увеличение семян.

## • Литература / References

1. Shinozaki K., Yamaguchi-Shinozaki K. Molecular responses to dehydration and low temperature: Differences and cross-talk between two stress signaling pathways. *Curr. Opin. Plant Biol.* 2000;(3):217–223.
2. Wang W.-X., Vinocur B., Altman A. Plant responses to drought, salinity and extreme temperatures: Towards genetic engineering for stress tolerance. *Planta.* 2003;(218):1–14.
3. Toki, T.; Ogiwara, S.; Aoki, H. Effect of varying night temperature on the growth and yields in cucumber. *Acta Hortic.* 1978;(87):233–238
4. Horie T., de Wit C.T., Goudriaan J., Bensink J. A formal template for the development of cucumber in its vegetative stage (I, II and III). In Proceedings of the Koninklijke Nederlandse Akademie Van Wetenschappen. Serie C: Biological and Medical Sciences; Wageningen University: Wageningen, The Netherlands. 1979;(82):433–479.
5. Nilwik H. Growth analysis of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) 1. The influence of irradiance and temperature under glasshouse conditions in winter. *Ann. Bot.* 1981;(48):129–136.
6. Ji L., Li P., Su Z., Li M., Guo S. Cold-tolerant introgression line construction and low-temperature stress response analysis for bell pepper. *Plant Signal. Behav.* 2020;(15):1773097. <https://doi.org/10.1080/15592324.2020.1773097>
7. O'sullivan J., Bouw W. Pepper seed treatment for low-temperature germination. *Can. J. Plant Sci.* 1984;(64):387–393.
8. Seo J.-U., Hwang J.-M., Oh S.-M. Effects of night temperature treatment of raising seedlings before transplanting on growth and development of pepper. *J. Bio-Env. Con.* 2006;(15):149–155.
9. Bhatt R., Srinivasa Rao N. Response of bell-pepper (*Capsicum annuum*) photosynthesis, growth, and flower and fruit setting to night temperature. *Photosynthetica.* 1994;(28):127–132.
10. Xiaoa F., Yang Z., Zhua L. Low temperature and weak light affect greenhouse tomato growth and fruit quality. *J. Plant Sci.* 2018;(6):16–24.
11. Picken A.J.F. A review of pollination and fruit set in the tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *J. Hortic. Sci.* 1984;(59):1–13.
12. Barchi L., Lefebvre V., Sage-Palloix A.-M., Lanteri S., Palloix A. QTL analysis of plant development and fruit traits in pepper and performance of selective phenotyping. *Theor. Appl. Genet.* 2009;(118):1157–1171.
13. Yarnes S.C., Ashrafi H., Reyes-Chin-Wo S., Hill T.A., Stoffel K.M., Van Deynze A. Identification of QTLs for capsaicinoids, fruit quality, and plant architecture-related traits in an interspecific *Capsicum* RIL population. *Genome.* 2013;(56):61–74.
14. Mercado J., Mar Trigo M., Reid M., Valpuesta V., Quesada M. Effects of low temperature on pepper pollen morphology and fertility: Evidence of cold induced exine alterations. *J. Hortic. Sci.* 1997;(72):317–326.
15. Rajametov S.N., Lee K., Jeong H.-B., Cho M.-C., Nam C.-W., Yang E.-Y. Physiological Traits of Thirty-Five Tomato Accessions in Response to Low Temperature. *Agriculture.* 2021;(11):792. <https://doi.org/10.3390/agriculture11080792>
16. Yang S., Tang X.-F., Ma N.-N., Wang L.-Y., Meng Q.-W. Heterology expression of the sweet pepper CBF3 gene confers elevated tolerance to chilling stress in transgenic tobacco. *J. Plant Physiol.* 2011;(168):1804–1812.
17. Hou, X.-M., Zhang, H.-F., Liu, S.-Y., Wang, X.-K., Zhang, Y.-M., Meng, Y.-C., Luo, D., Chen, R.-G. The NAC transcription factor CaNAC064 is a regulator of cold stress tolerance in peppers. *Plant Sci.* 2020;(291):110346.
18. Kong X.-M., Zhou Q., Zhou X., Wei B.-D., Ji S.-J. Transcription factor CaNAC1 regulates low-temperature-induced phospholipid degradation in green bell pepper. *J. Exp. Bot.* 2020;(71):1078–1091. <https://doi.org/10.1093/jxb/erz463>
19. Pressman E., Moshkovitch H., Rosenfeld K., Shaked R., Gamliel B., Aloni B. Influence of low night temperatures on sweet pepper flower quality and the effect of repeated pollinations, with viable pollen, on fruit setting. *J. Hortic. Sci. Biotechnol.* 1998;(73):131–136.
20. Cruz-Huerta N., Williamson, J.G., Darnell, R.L. Low night temperature increases ovary size in sweet pepper cultivars. *HortScience.* 2011;(46):396–401.
21. Goodstal F.J., Kohler G.R., Randall, L.B., Bloom, A.J., Clair, D.A.S. A major QTL introgressed from wild *Lycopersicon hirsutum* confers chilling tolerance to cultivated tomato (*Lycopersicon esculentum*). *Theor. Appl. Genet.* 2005;(111):898–905.
22. Rylski I. Effect of night temperature on shape and size of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). *Amer. Soc. Hort. Sci. J.* 1973;(98):149–152.
23. Patterson B.D., Reid M.S. Genetic and environmental influences on the expression of chilling injury. In Chilling Injury of Horticultural Crops; CRC Press: Boca Raton, FL, USA, 1990. pp. 87–112.
24. Issarakraisila M., Considine J. Effects of temperature on pollen viability in mango cv. 'Kensington'. *Ann. Bot.* 1994;(73):231–240.
25. Bhutia K., Khanna V., Meetei T., Bhutia N. Effects of climate change on growth and development of chilli. *Agrotechnology.* 2018;7(2). <https://doi.org/10.4172/2168-9881.1000180>
26. Polowick P., Sawhney V. Temperature effects on male fertility and flower and fruit development in *Capsicum annuum* L. *Sci. Hortic.* 1985;(25):117–127.
27. Sawhney V.K., Shukla A. Male sterility in flowering plants: Are plant growth substances involved? *Am. J. Bot.* 1994;(81):1640–1647.
28. Zhigila D.A., AbdulRahaman A.A., Kolawole O.S., Oladele F.A. Fruit morphology as taxonomic features in five varieties of *Capsicum annuum* L. Solanaceae. *J. Bot.* 2014, 1–6.
29. Rylski I., Spigelman M. Effects of different diurnal temperature combinations on fruit set of sweet pepper. *Sci. Hortic.* 1982;(17):101–106.
30. Rylski I. Investigations on the Influence of Suboptimal Temperatures on the Flowering, Fruit Setting and Development of Sweet Pepper (*Capsicum annuum* L.). Ph. D. Thesis, Hebrew University of Jerusalem, Jerusalem, Israel, 1971. pp. 1–96.
31. Rylski E., Kempler H. Fruit set of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) under plastic covers. *HortScience.* 1972;(7):422–423.

## Об авторах:

**Шерзод Нигматуллаевич Ражаметов** – кандидат с.-х. наук, исследователь, автор для переписки, [sherzod\\_2004@list.ru](mailto:sherzod_2004@list.ru), <https://orcid.org/0000-0001-7055-9932>

**Мёнг Чеол Чо** – кандидат с.-х. наук, заведующий лабораторией, [chomc@korea.kr](mailto:chomc@korea.kr), <https://orcid.org/0000-0002-8321-4826>

## About the Authors:

**Sherzod N. Rajametov** – PhD (Agriculture), Post Doctoral Researcher, Correspondence Author, [sherzod\\_2004@list.ru](mailto:sherzod_2004@list.ru), <https://orcid.org/0000-0001-7055-9932>

**Myeong-Cheoul Cho** – PhD (Agriculture), Head of Laboratory, [chomc@korea.kr](mailto:chomc@korea.kr), <https://orcid.org/0000-0002-8321-4826>