УДК 635.654.3 631.524.85 581.162.41

Ц. Сунь[1], *Ю. В. Фотев*[2, 3]

ВЗАИМОСВЯЗЬ УСТОЙЧИВОСТИ ОБРАЗЦОВ ВИГНЫ (*VIGNA UNGUICULATA*) К НИЗКИМ ТЕМПЕРАТУРАМ И БОЛЕЗНЯМ В СИБИРИ

[1] Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия
[2] Центральный сибирский ботанический сад СО РАН, Новосибирск, Россия
[3] Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия

Поступила в редакцию 21.10.2025 г.
Принята к публикации 12.12.2025 г.
doi: 10.5922/vestniknat-2026-1-6

Для цитирования: *Сунь Ц., Фотев Ю. В.* Взаимосвязь устойчивости образцов вигны (*Vigna unguiculata)* к низким температурам и болезням в Сибири // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Сер.: Естественные науки. 2026. №1. С. 79–94. doi: 10.5922/vestniknat-2026-1-6.

*Цель исследования – изучение взаимосвязи между устойчивостью образцов вигны к низким температурам и пораженности их патогенными микромицетами. Использовано 10 образцов вигны (*Vigna unguiculata*). Жизнеспособность пыльцы* in vitro *оценивали в 20%-ном растворе ПЭГ 6000 при 25 °C в течение 3 часов (контроль) и при 6 °C в течение 24 часов (оценка холодоустойчивости). Способность семян к прорастанию при низкой температуре оценивали методом их проращивания на фильтровальной бумаге при температуре (Т) 10, 12 и 25 °C (контроль) и в почве при постоянной Т 25 °C, а также в режиме 10 °C в течение 10 дней + при 25 °C). Адаптивность корневой системы к низким температурам определяли по скорости роста при обработке в режиме 25 °C → 14 °C и соотношению скоростей роста при низкой / оптимальной температуре. Взаимосвязь признаков анализировали с помощью корреляционного анализа в программах SPSS и Excel. Установлены значительные различия в устойчивости образцов вигны к низким температурам и патогенным микромицетам. Выявлена достоверная отрицательная корреляция между холодоустойчивостью пыльцы (0 – 97,9 %) и процентом поражения семян микромицетами, а также между всхожестью семян при низкой температуре (0 – 77,7 %) и процентом их поражения. Холодоустойчивость пыльцы имела достоверно положительную корреляцию как со всхожестью семян на фильтровальной бумаге при 10 °C ($r = 0{,}787$; $p < 0{,}01$), так и с их холодоустойчивостью ($r = 0{,}757$; $p < 0{,}05$). Образцы с высокой всхожестью после восстановления после холодового воздействия имели более низкий процент загнивания семян. Кроме того, выявлена взаимосвязь показателей холодоустойчивости пыльцы, семян и корневой системы. Сорта Zinder и Факир показали*

наилучшие комплексные результаты, сочетая высокую устойчивость к низким температурам и низкий процент загнивания. Данное исследование обеспечивает теоретическую основу для селекции вигны на устойчивость к стрессам.

Ключевые слова: *Vigna unguiculata*, вигна, устойчивость к микромицетам, прорастание, семена, пыльца *in vitro*, холодостойкость

Введение

Вигна (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) — важная бобовая культура тропического происхождения, широко интродуцируется в умеренные зоны благодаря высокому содержанию белка и экологической пластичности [1]. В Сибири короткий вегетационный период, весенние колебания низких температур (среднесуточная ≤12 °C) и высокая влажность создают двойную угрозу для вигны: ингибирование роста и развития, вызванное холодовым стрессом, и вспышки болезней [2]. Низкие температуры не только негативно влияют на стабильность клеточных мембран и активность ферментов [3], но и ослабляют иммунный ответ растений, что увеличивает риск заражения патогенами, такими как *Pythium* spp. и *Fusarium* spp. [4].

Исследования последних лет показали, что у сельскохозяйственных культур может существовать синергетический механизм регуляции холодоустойчивости и устойчивости к болезням. Чувствительность пыльцы к низким температурам может служить ранним индикатором холодостойкости в репродуктивной фазе [5], тогда как реакция на холод на стадии прорастания семян и со стороны корневой системы определяет успех вегетативного развития [6]. В практике интродукции вигны в Сибири было отмечено, что некоторые генотипы, способные прорастать при низких температурах, в период восстановления температурного режима оказались подвержены поражению патогенными микромицетами, что указывает на сложное взаимодействие между холодоустойчивостью и устойчивостью к болезням [7]. Это взаимодействие может быть следствием вызванного холодовым стрессом дисбаланса распределения углерода, который ослабляет метаболические пути, связанные с устойчивостью к болезням [8], или изменений в ризосферном микробиоме, способствующих размножению патогенов [9].

Текущие исследования вигны в основном сосредоточены на реакции на единичный стрессор [10], при этом недостаточно изучены синергетические механизмы повреждений от холода и болезней [11]. Особенно в условиях сибирского климата с весенним чередованием холода и засухи закономерности коэволюции признаков устойчивости к абиотическим стрессам остаются неясными [12]. Настоящее исследование ставит целью путем интеграции многомерной оценки жизнеспособности пыльцы, кинетики прорастания семян, моделей роста корневой системы и частоты возникновения гнилей выявить взаимосвязь и независимость холодоустойчивости различных органов (репродуктивных / вегетативных) вигны; отобрать генотипы вигны, адаптированные к стрессовым условиям Сибири. Результаты могут служить теоретической основой для селекции на устойчивость к стресс-факторам.

Материалы и методы

Исследования проведены в лаборатории интродукции пищевых растений Центрального Сибирского ботанического сада СО РАН (ЦСБС СО РАН). Материалом для испытаний послужили 10 образцов вигны (*Vigna unguiculata*) разного происхождения, включая Коллекции живых растений открытого и защищенного грунта ЦСБС СО РАН УНУ № USU 440534 (табл. 1).

Таблица 1

Образцы, использованные в работе, и их происхождение

Номер	Образцы	Происхождение
1	Сибирский размер	УНУ № USU 440534 ЦСБС
2	Юньнаньская	УНУ № USU 440534 ЦСБС
3	Графиня	ООО «Научно-исследовательский институт селекции овощных культур»; ООО «Агрофирма Гавриш»
4	Zinder	УНУ № USU 440534 ЦСБС / получен по Делекту-су / Дания
5	Факир	ООО «СДК-СИДС»
6	Лилиана	ООО «АГРОФИРМА ПОИСК»
7	Макаретти	ООО «Научно-исследовательский институт селекции овощных культур»; ООО «Агрофирма Гавриш»
8	Блэк Сид	ООО «Плазменные Семена»
9	Кудесница	ООО «СДК-СИДС»
10	Нежная	ООО «Селекционная фирма Гавриш»

Растения, использовавшиеся в качестве источника пыльцы, выращивали в необогреваемой пленочной теплице ЦСБС СО РАН (54 °82′ в. д., 83 °12′ с. ш.). В 10:00 утра собирали пыльцу вигны из цветков. Для определения холодоустойчивости использовали питательную среду, содержащую полиэтиленгликоль (ПЭГ 6000) с молекулярной массой 6000 в концентрации 20 % с добавлением борной кислоты (0,006 %). ПЭГ 6000 является синтетическим осмотиком и не участвует в метаболизме растительных клеток. Пыльцу помещали в каплю среды на предметном стекле в закрытой чашке Петри со смоченной водой фильтровальной бумагой на дне. После этого оценивали ее прорастание при оптимальной (25 °C в течение 3 часов) и при низкой температуре (6 °C в течение 24 часов). По завершении инкубации каплю среды с пыльцой исследовали под световым микроскопом Carl Zeiss Primo Star (Германия) при увеличении ×100. Пыльцевое зерно считали проросшим, если длина пыльцевой трубки превышала ½ диаметра пыльцевого зерна [13]. Каждый опытный вариант повторяли 3 раза, случайным образом выбирая по 3 поля зрения. В каждом поле зрения учитывали не менее 50 пыльцевых зерен, после чего рассчитывали средний показатель прорастания пыльцы и холодоустойчивость. Процент прорастания пыльцы (жизнеспособность) и холодоустойчивость рассчитывали по формулам (1) и (2) соответственно [14]:

$$\text{Жизнеспособность (\%)} = \left(\frac{\text{Количество проросшей пыльцы}}{\text{Общее количество пыльцы}}\right) \cdot 100; \quad (1)$$

$$\text{Холодоустойчивость (\%)} = \left(\frac{\text{Скорость прорастания пыльцы при 6 °C}}{\text{Скорость прорастания пыльцы при 25 °C}}\right) \cdot 100. \quad (2)$$

Способность к прорастанию и пораженность патогенными микромицетами семян различных образцов вигны оценивали в условиях, имитирующих оптимальную температуру и низкотемпературный стресс. При закладке семян на проращивание руководствовались ГОСТ 12038-84 «Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести» [15]. Из каждого образца случайным образом отбирали «типичные» для конкретного образца семена без механических повреждений. Отобранные семена погружали в 1%-ный раствор перманганата калия ($KMnO_4$) на 30 минут, затем пять раз промывали стерильной дистиллированной водой и подсушивали до сыпучего состояния для последующего использования. Каждый исследуемый образец и каждый температурный режим / температурная схема эксперимента включал 3 повторности, по 15 семян в каждой.

Метод культивирования на фильтровальной бумаге. На дно чашки Петри (диаметром 9 см) укладывали 3 слоя увлажненной стандартной фильтровальной бумаги без свободной воды в качестве ложа для проращивания. Степень увлажнения определяли по отсутствию капель при поднятии бумаги. Стерильным пинцетом подготовленные семена равномерно размещали на увлажненной бумаге с соблюдением интервалов для предотвращения контакта семян друг с другом. Чашку закрывали крышкой и маркировали с указанием номера образца, температурного режима и номера повторности. Три группы чашек Петри помещали в климатические камеры в соответствии с установленными температурными режимами: контроль 25±1 °C, низкотемпературные обработки 12±1 и 10±1 °C; для всех камер поддерживали фотопериод 16 часов света / 8 часов темноты при интенсивности освещения ~2000 люкс. В течение всего периода культивирования контролировали влажность в камерах, регулярно проверяя и увлажняя фильтровальную бумагу. На 10-е сутки проводили основной учет: фиксировали количество проросших и загнивших семян в каждой повторности.

Метод культивирования в почве с восстановлением после низкотемпературного стресса. Для имитации условий прорастания, близких к полевым, параллельно проводили эксперимент с культивированием в почве на основе холодового теста, разработанного в конце 1940-х — начале 1950-х гг. в США [16]. Использовали стандартный почвенный субстрат для рассады на основе верхового торфа. Увлажненную почву (влажность ~60—70 % от полной влагоемкости) помещали в ячейки рассадной кассеты на глубину 5 см. Стерильным пинцетом подготовленные семена высевали в почву точечно на глубину ~1 см с соблюдением интервалов. Кассеты маркировали с указанием номера образца и повторности, затем помещали в условия с различной температурой.

1. Группа постоянной температуры (25 °C).

Кассеты помещали в климатическую камеру с температурой 25 ± 1 °C (контроль). Количество проросших и сгнивших семян в каждой повторности фиксировали на 5-е и 10-е сутки.

2. Группа восстановления после низкотемпературного стресса.

Кассеты сначала помещали в климатическую камеру с температурой 10 ± 1 °C на 10 суток. Затем все кассеты переносили в камеру с температурой 25 ± 1 °C (фотопериод 16 часов света / 8 часов темноты, ~ 2000 люкс) для восстановления. На 4-е сутки восстановительного периода (14-е сутки эксперимента в целом) фиксировали количество проросших и загнивших семян в каждой повторности.

Критерии оценки при учете.

Проросшим считали семя, у которого длина корешка ≥ длины семени, длина побега ≥ 0,5 длины семени, при этом основные структуры проростка (корешок, побег) были здоровыми, целыми и без дефектов. Семена, не соответствующие всем перечисленным критериям, считали непроросшими.

Загнившим считали семя с явными признаками размягчения, изменением цвета (например, побурение, почернение), наличием видимых гиф грибов или плесневого налета на поверхности / внутри, и утратившее жизнеспособность.

На основе этих наблюдений рассчитывали среднюю всхожесть (%) и частоту загнивания семян (%) для каждой повторности, а затем определяли холодоустойчивость (%). Всхожесть семян, частоту загнивания и холодоустойчивость рассчитывали по формулам (3), (4) и (5) соответственно:

$$\text{Всхожесть (\%)} = \left(\frac{\text{Общее количество нормально проросших семян}}{\text{Общее количество семян в пробе}}\right) \cdot 100; \quad (3)$$

$$\text{Частота загнивания (\%)} = \left(\frac{\text{Общее количество загнивших семян}}{\text{Общее количество семян в пробе}}\right) \cdot 100; \quad (4)$$

$$\text{Холодоустойчивость (\%)} = \left(\frac{\text{Всхожесть семян при низкой температуре}}{\text{“Всхожесть семян при 25 °C}}\right) \cdot 100. \quad (5)$$

Для группы восстановления после низкотемпературного стресса рассчитывали дополнительно:

$$\begin{gathered}\textit{Изменение всхожести после восстановления (\%)} = \\ = \textit{Всхожесть на 4-е сутки восстановительного периода} - \\ \textit{Всхожесть на 10-е сутки в группе постоянной температуры 25 °C.}\end{gathered} \quad (6)$$

$$\begin{gathered}\textit{Изменение частоты загнивания семян после восстановления (\%)} = \\ \textit{Частота загнивания на 4-е сутки восстановительного периода} - \\ \textit{Частота загнивания на 10-е сутки в группе постоянной} \\ \textit{температуры 25 °C.}\end{gathered} \quad (7)$$

Положительное значение указывает на увеличение всхожести / частоты загнивания после восстановления, а отрицательное — на уменьшение.

Оценка скорости роста корневой системы при оптимальной и низкой температурах. Данный этап эксперимента также проводился по стандарту ГОСТ 12038-84 [15] с применением рулонного метода проращивания. Для каждого исследуемого образца и каждого температурного режима (25 и 14 °С) использовали по 3 повторности по 15 семян. Семена равномерно распределяли на увлажненной фильтровальной бумаге стандартного размера. Бумагу аккуратно сворачивали в рулон и устанавливали вертикально в высоком мерном стакане с небольшим количеством стерильной дистиллированной воды на дне (1—2 см). Верх рулона оставался открытым. Рулоны помещали в термостатированную камеру при слабом рассеянном освещении. Уровень воды поддерживали постоянным. После проращивания рулон осторожно разворачивали. Длину главного корня каждого проросшего семени измеряли линейкой с точностью 1 мм. Измерения длины первичного корня (мм) проводили трижды: на 3-и и 7-е сутки культивирования при постоянной температуре 25 ± 1 °С, а также на 13-е сутки после переноса проростков в условия низкой температуры 14 ± 1 °С.

Скорость роста корней в оптимальных условиях (25 °С) рассчитывали как средний суточный прирост за период с 3-х по 7-е сутки. Скорость роста корней в условиях холодового стресса (14 °С) определяли как средний суточный прирост с 7-х по 13-е сутки.

Относительная способность роста корней при низкотемпературном стрессе — показатель, оценивающий способность корневой системы поддерживать рост при холодовом стрессе в процентах относительно ее ростового потенциала при оптимальной температуре. Скорость роста корневой системы и относительную способность роста корней при низкотемпературном стрессе рассчитывали по формулам (8) и (9) соответственно:

$$Vt\ (\%) = \left(\frac{Lt2 - Lt1}{t2 - t1}\right), \quad (8)$$

где Lt1, Lt2 — длина корня на момент измерений в дни t1 и t2; t2–t1 — интервал между измерениями (сут).

$$\text{Относительная скорость роста корня (\%)} = \left(\frac{\text{Скорость роста корня при 14 °С}}{\text{Скорость роста корня при 25 °С}}\right) \cdot 100. \quad (9)$$

Статистическая обработка опытных данных включала использование программ Excel, SPSS для корреляционного анализа и анализа значимости.

Результаты

1. *Влияние низкой температуры на жизнеспособность пыльцы образцов вигны.*

В таблице 2 показаны достоверные различия ($p < 0,05$) в жизнеспособности пыльцы различных образцов вигны при 25 °С. Наибольшая жиз-

неспособность отмечена у образца Блэк Сид (88,4 %), наименьшая — у образца Юньнаньская (10,2 %). При низкотемпературном стрессе (6 °С) максимальная всхожесть пыльцы зафиксирована у образца Кудесница (57,9 %), тогда как образец Юньнаньская не прорастал (0 %). Показатели холодоустойчивости пыльцы демонстрируют: образец Zinder обладал максимальной устойчивостью (97,9 %), образец Юньнаньская — нулевой (0 %). Примечательно, что образцы с высокой жизнеспособностью при 25 °С (например, Блэк Сид и Кудесница) сохраняют высокую способность к прорастанию в условиях низкой температуры, однако образец Zinder (жизнеспособность 44,6 %) проявлял исключительную адаптивность к холоду. Корреляционный анализ выявил достоверную положительную связь между жизнеспособностью пыльцы при 25 и 6 °С ($r = 0{,}830$, $p < 0{,}01$), в то время как корреляция между жизнеспособностью при 25 °С и общей холодоустойчивостью пыльцы была менее выраженной ($r = 0{,}432$), что подчеркивает комплексный характер холодоустойчивости, не сводимый только к исходной жизнеспособности в оптимальных условиях.

Таблица 2

Ранжированные показатели жизнеспособности (при 25 и 6 °С) и холодостойкости пыльцы разных образцов вигны

Образцы	Прорастание пыльцы при 25 °С, %	Образцы	Прорастание пыльцы при 6 °С, %	Образцы	Холодостойкость по пыльце, %
8	↓88,4±5,8a	9	↓57,9±4,8a	4	↓97,9±15,0a
9	81,7±9,2ab	4	41,1±2,6b	6	81,7±10,1ab
5	70,8±5,3b	5	40,2±3,9b	9	73,8±13,1abc
1	67,9±3,1b	6	39,9±7,0b	7	69,2±13,4abc
6	48,9±5,4c	8	34,4±8,3bc	5	58,1±9,7bc
4	44,6±8,6c	1	32,9±8,9bcd	10	50,9±9,0bc
10	38,9±2,8c	7	23,1±2,8cd	1	48,9±13,5bcd
7	34,3±2,5c	10	19,1±1,3d	8	40,4±11,2cd
3	17,4±1,3d	3	2,2±1,0d	3	14,5±7,7de
2	10,2±0,6d	2	0,0±0,0d	2	0,0±0,0e

Примечание: 1 — Сибирский размер; *2* — Юньнаньская; *3* — Графиня; *4* — Zinder; *5* — Факир; *6* — Лилиана; *7* — Макаретти; *8* — Блэк Сид; *9* — Кудесница; *10* — Нежная. Разные буквы в одном столбце обозначают существенные различия при 0,05 % уровне значимости, одинаковые буквы — отсутствие различий; данные ранжированы по убыванию.

2. *Прорастание и загнивание семян при низких температурах.*

В таблице 3 при проращивании семян на фильтровальной бумаге при 25 °С всхожесть всех образцов была ≥72,2 %, частота загнивания ≤8,3 %, что свидетельствует о хорошем качестве семян. При 12 °С всхожесть достоверно снизилась (8,3—77,7 %). Образец Zinder показал наилучший результат (77,7 %), тогда как у образцов Макаретти, Блэк Сид, Кудесница всхожесть была ≤11,1 %. Частота загнивания 0 % во всех случаях, что указывает на ингибирование прорастания холодом без индукции загнивания. При 10 °С проросли только семена образца Zinder (15,6 %), всхо-

жесть остальных образцов ≤8,9 %, частота загнивания сохранилась на уровне 0 %. Ранжирование по холодоустойчивости (соотношение всхожести при 12 / 25 °С): образец Zinder (80,0 %) > образец Факир (78,8 %) > образец Нежная (71,4 %). Образцы Юньнаньская, Графиня, Макаретти, Блэк Сид, Кудесница показали холодоустойчивость ≤15,4 %.

Таблица 3

Влияние температуры на всхожесть при разной температуре, частоту загнивания и холодоустойчивость семян при культивировании на фильтровальной бумаге (на 10-е сутки)

Образцы	25 °С		12 °С			10 °С		
	Всхожесть, %	Частота загнивания, %	Всхожесть, %	Частота загнивания, %	Холодоустойчивость, %	Всхожесть, %	Частота загнивания, %	Холодоустойчивость, %
1	94,4±2,7a	2,7±2,7a	47,2±7,3bc	0,0±0,0a	50,0±6,8bc	0,0±0,0b	0,0±0,0a	0,0±0,0b
2	100,0±0,0a	0,0±0,0a	52,7±7,3abc	0,0±0,0a	52,8±7,3abc	0,0±0,0b	0,0±0,0a	0,0±0,0b
3	97,2±2,7a	2,7±2,7a	41,6±4,8c	0,0±0,0a	42,9±6,2bcd	0,0±0,0b	0,0±0,0a	0,0±0,0b
4	97,2±2,7a	2,7±2,7a	77,7±5,5a	0,0±0,0a	80,0±11,7a	15,6±8,0a	0,0±0,0a	16,0±8,2a
5	91,7±4,8a	0,0±0,0a	72,2±12,1ab	0,0±0,0a	78,8±12,7b	4,4±4,4ab	0,0±0,0a	4,8±4,4ab
6	100,0±0,0a	0,0±0,0a	41,6±12,7c	0,0±0,0a	41,7±7,6cd	4,4±4,4ab	0,0±0,0a	4,4±4,4ab
7	72,2±5,5b	0,0±0,0a	11,1±5,5d	0,0±0,0a	15,4±6,1de	8,9±4,4ab	0,0±0,0a	12,3±6,1ab
8	88,9±5,5a	8,3±4,8a	8,3±4,8d	2,7±2,7a	9,4±4,8e	2,2±2,2b	0,0±0,0a	2,5±2,6ab
9	100,0±0,0a	0,0±0,0a	11,1±7,3d	0,0±0,0a	11,1±7,3e	4,4±4,4ab	0,0±0,0a	4,4±4,4ab
10	97,2±2,7a	0,0±0,0a	69,4±7,3abc	0,0±0,0a	71,4±7,2ab	2,2±2,2b	0,0±0,0a	2,3±2,2ab

Примечание: 1 — Сибирский размер; *2* — Юньнаньская; *3* — Графиня; *4* — Zinder; *5* — Факир; *6* — Лилиана; *7* — Макаретти; *8* — Блэк Сид; *9* — Кудесница; *10* — Нежная. Разные буквы в одном столбце обозначают существенные различия при 0,05 % уровне значимости, одинаковые буквы — отсутствие различий; данные ранжированы по убыванию.

В таблице 4 представлены результаты посева семян образцов вигны в почвенный субстрат.

Таблица 4

Показатели прорастания и загнивания семян различных образцов при постоянном культивировании в почве при 25 °С и восстановлении после низкотемпературного стресса (10 °С→25 °С)

Образцы	Постоянное культивирование при 25°С				Восстановление при 25°С на 4-е сутки после 10-суточной инкубации при 10°С			
	Всхожесть на 5-е сутки, %	Частота загнивания на 5-е сутки, %	Всхожесть на 10-е сутки, %	Частота загнивания на 10-е сутки, %	Всхожесть, %	Изменение показателя всхожести семян после восстановления, %	Частота загнивания, %	Изменение показателя загнивания после восстановления, %
1	46,7±15,4ab	26,7±0,0b	60,0±3,3ab	20,0±4,2ef	43,3±23,3ab	–6,7	53,3±26,7abc	33,3
2	0,0±0,0c	26,7±0,0b	6,7±0,8e	60,0±0,0bc	20,0±13,3ab	13,3	56,7±10,0abc	–3,3

Окончание табл. 4

Образцы	Постоянное культивирование при 25°C				Восстановление при 25°C на 4-е сутки после 10-суточной инкубации при 10°C			
	Всхожесть на 5-е сутки, %	Частота загнивания на 5-е сутки, %	Всхожесть на 10-е сутки, %	Частота загнивания на 10-е сутки, %	Всхожесть, %	Изменение показателя всхожести семян после восстановления, %	Частота загнивания, %	Изменение показателя загнивания после восстановления, %
3	13,3±7,0bc	26,7±3,8b	26,7±2,4cd	53,3±4,0c	20,0±2,0ab	–6,7	73,3±26,7abc	20,0
4	80,0±10,2a	33,3±0,0a	53,3±2,9b	33,3±1,6de	0,0±0,0b	–53,3	100,0±0,0a	66,7
5	86,7±13,3a	0,0±0,0e	66,7±2,8a	13,3±2,8f	73,3±26,7a	6,6	26,7±26,7c	13,4
6	46,7±23,1ab	6,7±0,0d	66,7±4,1a	26,7±3,3ef	53,3±13,3ab	–13,4	30,0±10,0bc	3,3
7	33,3±19,3bc	0,0±0,0e	33,3±2,2c	46,7±4,9cd	46,7±26,7ab	13,4	46,7±20,0abc	0,0
8	26,7±11,5bc	6,7±0,0d	20,0±0,0d	80,0±2,4a	40,0±13,3ab	20,0	60,0±13,3abc	–20,0
9	6,7±6,7bc	20,0±3,9c	20,0±1,6d	73,3±2,2ab	50,0±23,3ab	30,0	50,0±23,3abc	–23,3
10	6,7±3,8bc	33,3±0,0a	0,0±1,4e	86,7 ±0,8a	6,7±6,7b	6,7	93,3±6,7ab	6,6

Примечание: 1 — Сибирский размер; *2* — Юньнаньская; *3* — Графиня; *4* — Zinder; *5* — Факир; *6* — Лилиана; *7* — Макаретти; *8* — Блэк Сид; *9* — Кудесница; *10* — Нежная. Разные буквы в одном столбце обозначают существенные различия при 0,05 % уровне значимости, одинаковые буквы — отсутствие различий; данные ранжированы по убыванию.

Группа при постоянной температуре 25 °C. На 10-й день всхожесть составила 60,0—66,7 % (образцы Сибирский размер, Zinder, Факир, Лилиана), в образце Нежная всходов не было. Процент загнивания семян находился в обратной зависимости со всхожестью (например, в образце Нежная загнивание достигло 86,7 %).

Группа после стрессового воздействия при температуре 10 °C и восстановления. Образец Факир показал самую высокую всхожесть после восстановления (73,3 %) и самый низкий процент загнивания (26,7 %). Всхожесть образца Zinder после восстановления составила 0 %, а процент загнивания достиг 100 %, что указывает на его плохую восстановительную способность и предрасположенность к поражению патогенами. Изменение после восстановления показало значительное увеличение загнивания семян у образцов Сибирский размер, Графиня, Zinder (+20,0—+66,7 %), тогда как у образцов Блэк Сид и Кудесница процент загнивания снизился (–20,0—–23,3 %). Это говорит о том, что низкотемпературный стресс может активировать гены, влияющие на восприимчивость к патогенам у части образцов.

Ростовая реакция корней на низкую температуру.

В таблице 5 показана скорость роста корней при 25 °C. У образца Zinder — отмечена самая высокая (15,1 мм/сут), а у сорта Факир — самая низкая (3,8 мм/сут) скорость роста корней при оптимальной температуре.

Таблица 5

Анализ скорости роста корневых систем разных образцов при 25 и 14 °С и их корреляции

Образцы	Постоянное культивирование при 25 °С		Перенос: 25 °С → 14 °С	Анализ скорости роста		
	Длина корня на 3-и сутки, мм	Длина корня на 7-и сутки, мм	Длина корня на 13-и сутки, мм	Скорость роста при оптимальной температуре, мм/сутки	Скорость роста при низкой температуре, мм/сутки	Соотношение: низк. темп. / оптим. темп., %
1	18,5±0,9bc	62,9±4,4abcd	67,1±4,6bcd	11,1±0,9ab	0,7±0,0bc	6
2	24,6±0,1ab	60,5±8,5bcd	67,1±11,1bcd	9,0±2,2abc	1,1±0,4bc	12
3	26,8±1,8a	68,7±4,2abc	72,9±6,0abc	10,5±0,6ab	0,7±0,3bc	7
4	26,0±0,1a	86,5±3,9a	89,5±5,4a	15,1±1,0a	0,5±0,3c	3
5	10,5±0,2d	25,5±8,8e	43,5±2,7e	3,8±2,2c	3,0±1,0a	79
6	22,2±2,0ab	55,9±2,7bcd	55,9±3,3de	8,4±1,2bc	0,0±0,0c	0
7	21,3±1,6ab	71,9±1,9ab	75,5±4,4ab	12,7±0,1ab	0,6±0,0bc	5
8	13,5±0,2cd	49,0±13,3bcde	68,2±3,4bcd	8,9±3,4abc	3,2±0,0a	36
9	19,0±3,9bc	44,7±3,4de	45,3±3,8e	6,4±0,1bc	0,1±0,1c	2
10	8,6±2,4d	46,2±7,7cde	58,2±3,9cde	9,4±2,5abc	2,0±0,6ab	21

Примечание: 1 — Сибирский размер; *2* — Юньнаньская; *3* — Графиня; *4* — Zinder; *5* — Факир; *6* — Лилиана; *7* — Макаретти; *8* — Блэк Сид; *9* — Кудесница; *10* — Нежная. Разные буквы в одном столбце обозначают существенные различия при 0,05 % уровне значимости, одинаковые буквы — отсутствие различий; данные ранжированы по убыванию.

Скорость роста при низкой температуре (14 °С) у сортов Факир и Блэк Сид значительно выше других образцов (3,0 ~ 3,2 мм/сут), тогда как рост образца Лилиана полностью остановился (0 мм/сут).

Соотношение скоростей роста (Низкая темп. / Оптимальная темп.): образцы Факир (79 %) и Блэк Сид (36 %) обладают наибольшей устойчивостью корневой системы к низкой температуре; соотношение для образцов Zinder и Кудесница ≤ 3 %, что указывает на сильную зависимость роста их корней от температуры.

Взаимосвязь холодоустойчивости и устойчивости к заболеваниям.

Результаты корреляционного анализа в таблице 6 показали наличие множества значимых связей ($p < 0,05$ или $p < 0,01$) между показателями холодоустойчивости образцов вигны и показателями, сопряженными с заболеваниями (загниванием семян), а именно связь холодоустойчивости пыльцы и характеристик семян.

Жизнеспособность пыльцы при 6 °С (В) имела достоверную положительную корреляцию с холодоустойчивостью пыльцы (С) ($r = 0,805$, $p < 0,01$), что согласуется с логикой расчета ее холодоустойчивости (формула 2): чем выше жизнеспособность пыльцы при низкой температуре, тем выше ее холодоустойчивость.

Таблица 6

Результаты корреляционного анализа

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X
A	1																							
B	0,830**	1																						
C	0,432	0,805**	1																					
D	–0,053	0,046	–0,136	1																				
E	0,41	0,033	–0,15	–0,108	1																			
F	–0,32	–0,159	0,056	0,432	–0,307	1																		
G	0,507	0,103	–0,155	–0,207	0,878**	–0,472	1																	
H	–0,299	–0,147	0,07	0,375	–0,31	0,997**	–0,472	1																
I	0,043	0,437	0,787**	–0,271	–0,074	0,183	–0,145	0,198	1															
J	0,009	0,382	0,757*	–0,425	–0,098	0,092	–0,141	0,115	0,985**	1														
K	0,312	0,467	0,588	–0,156	0,042	0,461	–0,092	0,501	0,581	0,543	1													
L	–0,371	–0,294	–0,195	0,607	–0,018	0,459	–0,298	0,413	–0,057	–0,15	–0,309	1												
M	0,294	0,471	0,531	–0,052	–0,06	0,256	–0,218	0,284	0,331	0,302	0,861**	–0,375	1											
N	–0,025	–0,207	–0,312	0,064	0,231	–0,391	0,418	–0,421	–0,245	–0,234	–0,799**	0,275	–0,931**	1										
O	0,55	0,466	0,16	–0,289	–0,139	–0,369	0,072	–0,329	–0,191	–0,138	0,3	–0,832**	0,505	–0,427	1									
P	0,224	–0,041	–0,399	–0,225	–0,072	–0,623	0,296	–0,613	–0,529	–0,448	–0,607	–0,412	–0,554	0,557	0,439	1								
Q	–0,31	–0,265	–0,005	0,207	0,246	0,355	0,015	0,328	0,283	0,225	–0,176	0,798**	–0,456	0,446	–0,941**	–0,432	1							
R	–0,259	–0,04	0,301	0,127	–0,001	0,709*	–0,397	0,713*	0,5	0,436	0,622	0,462	0,495	–0,572	–0,443	–0,943**	0,479	1						
S	–0,551	–0,277	–0,061	0,132	–0,057	–0,084	–0,308	–0,114	0,24	0,229	–0,07	0,258	0,117	–0,227	–0,321	–0,432	0,13	0,342	1					
T	–0,505	–0,281	0,127	–0,132	0,142	0,014	–0,169	–0,005	0,465	0,474	0,016	0,415	0,03	–0,098	–0,622	–0,631	0,525	0,577	0,787**	1				
U	–0,439	–0,373	0,011	–0,257	0,39	0,079	0,097	0,07	0,448	0,463	0,096	0,357	–0,04	–0,023	–0,672*	–0,606	0,618	0,59	0,59	0,919**	1			
V	–0,404	–0,243	0,198	–0,252	0,221	0,061	–0,07	0,05	0,504	0,523	0,057	0,425	–0,02	–0,017	–0,675*	–0,63	0,640*	0,604	0,553	0,949**	0,942**	1		
W	0,574	0,153	–0,23	–0,122	0,402	–0,024	0,616	0,007	–0,245	–0,248	0,053	–0,296	–0,248	0,339	0,266	0,56	–0,087	–0,439	–0,787*	–0,751*	–0,474	–0,615	1	
X	0,365	0,103	–0,132	–0,145	0,106	0,276	0,273	0,321	–0,138	–0,138	0,422	–0,456	0,173	–0,176	0,459	0,262	–0,325	–0,126	–0,682*	–0,736*	–0,466	–0,642*	0,862**	1

Примечание: A — жизнеспособность пыльцы при 25 °C; *B* — жизнеспособность пыльцы при 6 °C; *C* — холодостойкость пыльцы; *D* — процент проросших семян при 25 °C на 10 день на ФБ; *E* — процент загнивших семян при 25 °C на 10 день на ФБ; *F* — процент проросших семян при 12 °C на 10 день на ФБ; *G* — процент загнивших семян при 12 °C на 10 день на ФБ; *H* — холодостойкость семян при 12 °C на 10 день на ФБ; *I* — процент проросших семян при 10 °C на 10 день на ФБ; *J* — холодостойкость семян при 10 °C на 10 день на ФБ; *K* — процент проросших семян при 25 °C на 5 день на почве; *L* — процент загнивших семян при 25 °C на 5 день на почве; *M* — процент проросших семян при 25 °C на 10 день на почве; *N* — процент загнивших семян при 25 °C на 10 день на почве; *O* — процент проросших семян через 10 дней культивирования при 10 °C с переносом на 25 °C для восстановления (4-й день); *P* — изменение всхожести после восстановления; *Q* — процент загнивших семян через 10 дней культивирования при 10 °C перенести на 25 °C для восстановления (4-й день); *R* — изменение количества загнивших после восстановления; *S* — длина корней на 3-й день при постоянной температуре 25 °C; *T* — длина корней на 7-й день при постоянной температуре 25 °C; *U* — длина корней на 13-й день при переносе 25 °C→14 °C ; *V* — скорость роста корней при 25 °C; *W* — скорость роста корней при 14 °C; *X* — соотношение скоростей роста при низкой и оптимальной температуре; * — $p<0,05$; ** –$p<0,01$.

Холодоустойчивость пыльцы (C) имела достоверную положительную корреляцию как со всхожестью семян на фильтровальной бумаге при 10 °C (I) ($r = 0{,}787$, $p < 0{,}01$), так и с их холодоустойчивостью (J) ($r = 0{,}757$, $p < 0{,}05$). Это указывает на то, что образцы с высокой холодоустойчивостью пыльцы обладают и более высокой способностью семян к прорастанию в условиях холода, предполагая возможную синергию механизмов устойчивости к низким температурам у пыльцы и семян.

Связь холодного прорастания семян и загнивания.

Всхожесть семян на фильтровальной бумаге при 12 °C (F) имела достоверно положительную корреляцию с их холодоустойчивостью (H) ($r = 0{,}997$, $p < 0{,}01$), подтверждая обоснованность расчета холодоустойчивости семян (формула 5). При этом F имела достоверно отрицательную корреляцию с процентом загнивания на фильтровальной бумаге при 25 °C (E) ($r = -0{,}307$, $p < 0{,}05$). Это означает, что образцы с высокой способностью к прорастанию при низких температурах имеют меньший процент загнивания семян при оптимальной температуре, что косвенно отражает синергию между холодоустойчивостью и устойчивостью к болезням.

Всхожесть семян в почве при постоянной 25 °C через 10 дней (M) имела достоверно отрицательную корреляцию с процентом загнивания (N) ($r = -0{,}931$, $p < 0{,}01$) и достоверно положительную корреляцию с всхожестью через 5 дней (K) ($r = 0{,}861$, $p < 0{,}01$). Это показывает, что образцы с высокой способностью к прорастанию в почве имеют меньший риск загнивания и более стабильный процесс прорастания.

Связь восстановления после холода и загнивания.

Всхожесть после восстановления (после культивирования при 10 °C и переноса в 25 °C) (O) имела достоверно отрицательную корреляцию с процентом загнивания после восстановления (Q) ($r = -0{,}941$, $p < 0{,}01$). Кроме того, изменение показателя всхожести после восстановления (P) имело достоверно отрицательную корреляцию с изменением показателя загнивания после восстановления (R) ($r = -0{,}943$, $p < 0{,}01$). Это доказывает, что образцы с высокой способностью к восстановлению после холодового стресса имеют значительно более низкий процент загнивания, что свидетельствует о том, что образцы с высокой холодоустойчивостью одновременно обладают и большей устойчивостью к болезням (загниванию).

Связь роста корней и холодоустойчивости.

Длина корня после 7 дней культивирования при постоянной температуре 25 °C (T) имела достоверно положительную корреляцию с длиной корня после 13 дней режима переноса из 25 °C в 14 °C (U) ($r = 0{,}919$, $p < 0{,}01$). Это указывает, что образцы с хорошим ростом корней при оптимальной температуре способны поддерживать определенный рост и после холодового стресса, что демонстрирует стабильность устойчивости первичного корня к холоду.

Скорость роста корней при 14 °C (W) имела достоверную положительную корреляцию с соотношением скоростей роста (низкая темп. / оптимальная темп.) (X) ($r = 0{,}862$, $p < 0{,}01$), что соответствует логике расчета X (формула 9). При этом X имел достоверно положительную корреляцию со скоростью роста корней при 25 °C (V) ($r = 0{,}640$, $p < 0{,}05$). Это означает,

что образцы с быстрым ростом корней при оптимальной температуре обладают и более высокой относительной способностью к росту при низкой температуре, демонстрируя лучшую адаптацию к холоду.

Показатели холодоустойчивости (такие как холодоустойчивость пыльцы, всхожесть семян при низкой температуре, скорость роста корней при низкой температуре) и загнивания семян в основном демонстрировали отрицательную корреляцию, при этом между многими показателями наблюдались синергетические связи. Это указывает на то, что устойчивость вигны к низким температурам и болезням, вероятно, регулируются общими механизмами. Среди них образцы Zinder (холодоустойчивость пыльцы 97,9 %) и Факир (всхожесть после восстановления 73,3 %) проявили высокую холодоустойчивость и низкий процент загнивания, что делает их потенциальным материалом для селекции на устойчивость к стрессам.

Заключение

У образцов вигны обнаружены значительные различия в устойчивости к низким температурам. Диапазон изменчивости изученных признаков был весьма широк: холодоустойчивость пыльцы составляла от 0 % (у образца Юньнаньская) до 97,9 % (у образца Zinder), всхожесть семян при низкой температуре — от 0 % (Сибирский размер, Юньнаньская, Графиня) до 77,7 % (Zinder), а скорость роста корней при низкой температуре — от 0 мм/сут (сорт Лилиана) до 3,2 мм/сут (сорт Блэк Сид). Наименьшие значения по комплексу признаков показал сорт Юньнаньская, тогда как образцы Zinder, Факир и Блэк Сид продемонстрировали максимальные показатели по различным аспектам холодоустойчивости.

Обнаружена достоверная отрицательная корреляция между устойчивостью к низким температурам и загниванием семян. Образцы с высокой холодоустойчивостью пыльцы характеризовались высокой всхожестью семян при низкой температуре и низким процентом загнивания. Образцы с высокой всхожестью после восстановления после холодового воздействия имели значительно более низкий процент загнивания. Так, у образца Факир процент загнивания после восстановления составил всего 26,7 %.

Выявлена синергия показателей холодоустойчивости пыльцы, семян и корневой системы. Холодоустойчивость пыльцы положительно коррелировала со всхожестью семян при низкой температуре. Образцы с хорошим ростом корней при оптимальной температуре сохраняли способность к росту и при низкой температуре. Это указывает на то, что устойчивость к низким температурам является результатом синергетического взаимодействия разных генетически детерминированных систем растительного организма.

Образцы Zinder и Факир продемонстрировали наилучшие комплексные показатели, сочетая высокую устойчивость к низким температурам и низкий процент загнивания. Они могут служить исходным материалом для селекции вигны на устойчивость к низкотемпературным стрессам в условиях Сибири.

Данное исследование обеспечивает теоретическую основу и практические рекомендации для комплексного улучшения устойчивости вигны к низким температурам и болезням.

Работа выполнена в рамках государственного задания ЦСБС СО РАН по проекту И126012336366-7 «Теоретические аспекты оценки и сохранения биоразнообразия с целью рационального использования природного и культурного генофонда растений».

Список литературы

1. *Idahosa D.O., Alika J.E., Omoregie A.U.* Genetic variability, heritability and expected genetic advance as indices for yield and yield components selection in cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) // Academia arena. 2010. Vol. 2, №5. P. 22—26. doi: 10.15580/GJBS.2013.5.061313672.

2. *Фотев Ю.В.* К методике интродукции теплолюбивых овощных растений в Сибири // Вестник Новосибирского государственного аграрного университета. 2018. №4. С. 104—118. doi: 10.31677/2072-6724-2018-49-4-104-118.

3. *Thakur P., Kumar S., Malik J.A. et al.* Cold stress effects on reproductive development in grain crops: an overview // Environmental and Experimental Botany. 2010. Vol. 67, №3. P. 429—443. doi: 10.1016/j.envexpbot.2009.09.004.

4. *Hampton J.G., Conner A.J., Boelt B. et al.* Climate change: seed production and options for adaptation // Agriculture. 2016. Vol. 6, №3. P. 33. doi: 10.3390/agriculture6030033.

5. *Kakani V.G., Reddy K.R., Koti S. et al.* Differences in in vitro pollen germination and pollen tube growth of cotton cultivars in response to high temperature // Annals of Botany. 2005. Vol. 96, №1. P. 59—67. doi: 10.1093/aob/mci149.

6. *Srinivasan A., Saxena N.P., Johansen C.* Cold tolerance during early reproductive growth of chickpea (*Cicer arietinum* L.): genetic variation in gamete development and function // Field Crops Research. 1999. Vol. 60, №3. P. 209—222. doi: 10.1016/S0378-4290(98)00126-9.

7. *Казыдуб Н.Г., Кузьмина С.П., Боровикова М.А. и др.* Зернобобовые культуры в Западной Сибири (фасоль и бобы овощные, нут): биология, генетика, селекция, использование. Новосибирск, 2020.

8. *Yadav S.K.* Cold stress tolerance mechanisms in plants. A review // Agronomy for Sustainable Development. 2010. Vol. 30, №3. P. 515—527. doi: 10.1051/agro/2009050.

9. *Atkinson N.J., Urwin P.E.* The interaction of plant biotic and abiotic stresses: from genes to the field // Journal of Experimental Botany. 2012. Vol. 63, №10. P. 3523—3543. doi: 10.1093/jxb/ers100.

10. *Emechebe A.M., Lagoke S.T.O.* Recent advances in research on cowpea diseases // Challenges and Opportunities for Enhancing Sustainable Cowpea Production. Ibadan, 2002. P. 94—123.

11. *Bita C.E., Gerats T.* Plant tolerance to high temperature in a changing environment: scientific fundamentals and production of heat stress-tolerant crops // Frontiers in Plant Science. 2013. Vol. 4. P. 273. doi: 10.3389/fpls.2013.00273.

12. *Adzhieva V.F., Babak O.G., Shoeva O.Yu. et al.* Molecular genetic mechanisms of the development of fruit and seed coloration in plants // Russian Journal of Genetics: Applied Research. 2016. Vol, 6, №5. P. 537—552. doi: 10.1134/s2079059716050026.

13. *Khaleghi E., Karamnezhad F., Moallemi N.* Study of pollen morphology and salinity effect on the pollen grains of four olive (Olea europaea) cultivars // South African Journal of Botany. 2019. Vol, 127. P. 51—57. doi: 10.1016/j.sajb.2019.08.031.

14. *Фотев Ю. В.* Оценка холодостойкости коллекционных образцов момордики (Momordica charantia L.) по прорастанию пыльцы при низкой температуре in vitro // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2022. Т. 183, №3. С. 39—47. doi: 10.30901/2227-8834-2022-3-39-47.

15. *ГОСТ* 12038-84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. М., 1995.

16. *Алексейчук Г. Н., Ламан Н. А.* Физиологическое качество семян сельскохозяйственных культур и методы его оценки. Минск, 200**5.**

Об авторах

Сунь Цзяпин — асп., Новосибирский государственный университет, Россия.
E-mail: t.sun1@g.nsu.ru

Юрий Валентинович Фотев — канд. сельскохозяйственных наук, ст. науч. сотр., Центральный сибирский ботанический сад СО РАН, Россия; Новосибирский государственный аграрный университет, Россия.
E-mail: fotev_2009@mail.ru
SPIN-код: 2741-5163

***J. Sun*[1], *Y. V. Fotev*[2, 3]**

THE RELATIONSHIP BETWEEN RESISTANCE OF COWPEA (*VIGNA UNGUICULATA*) ACCESSIONS TO LOW TEMPERATURES AND DISEASES IN SIBERIA

[1] Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia
[2] Central Siberian Botanical Garden SB RAS, Novosibirsk, Russia
[3] Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia
Received 21 October 2025
Accepted 12 December 2025
doi: 10.5922/vestniknat-2026-1-6

To cite this article: Sun J., Fotev Y. V., 2026, The relationship between resistance of cowpea (*Vigna unguiculata*) accessions to low temperatures and diseases in Siberia, *Vestnik of Immanuel Kant Baltic Federal University. Series: Natural Sciences*, №1. P. 85—102. doi: 10.5922/vestniknat-2026-1-6.

The aim of the study is to investigate the relationship between the cold tolerance of Vigna samples and their susceptibility to pathogenic micromycetes. Ten Vigna unguiculata *samples were used. Pollen viability in vitro was assessed in a 20% PEG 6000 solution at 25°C for 3 hours (control) and at 6°C for 24 hours (cold tolerance assessment). Seed germination under low temperatures was evaluated by germinating seeds on filter paper at 10, 12, and 25°C (control), as well as in soil at a constant 25°C and under a regime of 10°C for 10 days followed by 25°C. Root system adaptability to low temperatures was determined by growth rate under a*

25 °C → 14 °C regime and by the ratio of growth rates at low versus optimal temperatures. Correlations between traits were analyzed using SPSS and Excel. The study revealed significant differences among Vigna samples in cold tolerance and susceptibility to pathogenic micromycetes. A significant negative correlation was found between pollen cold tolerance (0 – 97.9 %) and seed infection rate, as well as between seed germination at low temperature (0 – 77.7 %) and infection percentage. Pollen cold tolerance showed a significant positive correlation with seed germination on filter paper at 10 °C ($r = 0.787$; $p < 0.01$) and with overall seed cold tolerance ($r = 0.757$; $p < 0.05$). Samples with high germination after recovery from cold exposure exhibited lower rates of seed rot. Furthermore, the study identified correlations among the cold tolerance of pollen, seeds, and the root system. The Zinder and Fakir varieties demonstrated the best overall performance, combining high cold tolerance with low seed rot rates. This research provides a theoretical basis for the selection of Vigna cultivars for stress resistance.

Keywords: *Vigna unguiculata*, cowpea, resistance to micromycetes, germination, seeds, pollen in vitro, cold resistance

The authors

Jiaping Sun, PhD student, Novosibirsk State University, Russia.
E-mail: t.sun1@g.nsu.ru

Dr Yuri V. Fotev, Senior Researcher, Central Siberian Botanical Garden of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Russia; Novosibirsk State Agrarian University, Russia.
E-mail: fotev_2009@mail.ru
SPIN code: 2741-5163