
АГРОХИМИЯ, ПОЧВОВЕДЕНИЕ, ЭКОЛОГИЯ

**Урожайность гороха в изменяющихся климатических условиях
Северного Приазовья**

**Эмма Анатольевна Гаевая[✉], Артём Владимирович Гринько,
Ольга Степановна Безуглова**

Федеральный Ростовский аграрный научный центр, Ростовская обл., Россия

[✉] **Автор, ответственный за переписку:** emmaksay@inbox.ru

Аннотация

В статье приведены результаты исследования урожайности гороха в длительном опыте (1990–2024 гг.) в условиях меняющегося климата Ростовской области. Горох является одной из наиболее востребованных культур как в России, так и в Ростовской области, поэтому получение высоких урожаев – одна из основных задач сельскохозяйственного производства. Целью исследований являлось установление оптимального сочетания гидротермических факторов (температура, осадки), влияющих на урожайность сортов гороха в условиях Приазовской зоны Ростовской области. Проведен сравнительный анализ продуктивности гороха в различные по климатическим характеристикам вегетационного периода (засушливый и влажный) годы. Определены также колебания урожайности гороха (1,65–2,70 т/га) в зависимости от различных норм удобрений и климатических характеристик. В засушливый период урожайность гороха ниже на 8,3%, а во влажный период повышается на 11,0% от среднееголетних значений. Определены оптимальные значения температуры и количества осадков вегетационного периода для получения высоких урожаев гороха: 14,0–17,5°C и 200–00 мм соответственно. Во влажный вегетационный период отмечено снижение окупаемости удобрений на 15,3–22,8% по сравнению с засушливыми годами. Выявлен также оптимальный температурный режим (15,5–17,5°C) и количество осадков вегетационного периода 200–300 мм для получения наибольшей окупаемости удобрений прибавкой урожая 6,00–7,00 кг/кг при внесении повышенной нормы ($P_{80}K_{80}$). Применение удобрений в различной норме позволяет увеличить их эффективность и компенсировать неблагоприятное воздействие климатических условий.

Ключевые слова

Урожайность, горох, изменение климата, гидротермический коэффициент, удобрения, окупаемость удобрений, Ростовская область

Благодарности

Исследования проведены в рамках выполнения государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации по теме FNFZ-2022–0003 «Разработать усовершенствованные эколого-адаптивные технологии возделывания новых сортов сельскохозяйственных культур в севооборотах различных конструкций Приазовской зоны Ростовской области».

Для цитирования

Гаевая Э.А., Гринько А.В., Безуглова О.С. Урожайность гороха в изменяющихся климатических условиях Северного Приазовья // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2025. № 5. С. 5–19.

Pea yield under changing climatic conditions of the Northern Azov zone

Emma A. Gaevaya✉, Artem V. Grin'ko, Olga S. Bezuglova

Federal Rostov Agricultural Research Centre, Rostov Region, Russia

✉Corresponding author: emmaksay@inbox.ru

Abstract

This article presents the results of a long-term field experiment (1990–2024) investigating pea yield under changing climatic conditions in the Rostov Region, Russia. Given the high demand for pea in both Russia and the Rostov Region, maximizing yield is a primary objective of agricultural production. The study aimed to determine the optimal combination of hydrothermal factors (temperature, precipitation) influencing the yield of pea varieties in the Azov zone of the Rostov Region. A comparative analysis was conducted to assess pea productivity during vegetation periods characterized by contrasting climatic conditions (drought vs. wet). The study also quantified yield fluctuations (1.65–2.70 t/ha) in relation to varying fertilizer application rates and climatic conditions. During drought periods, pea yield decreased by 8.3%, whereas during wet periods, it increased by 11.0% compared to long-term average values. Optimal temperature and precipitation ranges for maximizing pea yields were identified as 14.0–17.5°C and 200–300 mm, respectively. Fertilizer profitability was reduced by 15.3–22.8% during wet vegetation periods compared to drought years. An optimal temperature range of 15.5–17.5°C and precipitation of 200–300 mm during the vegetation period were also identified for maximizing fertilizer profitability, resulting in yield increases of 6.00–7.00 kg/kg with a higher application rate ($P_{80}K_{80}$). Application of varying fertilizer rates can enhance fertilizer efficiency and compensate for the adverse effects of climatic conditions.

Keywords

Yield, peas, climate change, hydrothermal coefficient, fertilizers, fertilizer profitability, Rostov Region

Acknowledgments

This research was conducted under a state assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, project number FNFZ-2022–0003 entitled “Develop Improved Ecologically-Adaptive Technologies for Cultivating New Varieties of Crops in Crop Rotations of Various Designs of the Azov Zone of the Rostov Region”.

For citation

Gaevaya E.A., Grinko A.V., Bezuglova O.S. Pea yield under changing climatic conditions of the Northern Azov zone. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2025. No. 5. P. 5–19.

Введение Introduction

Изменение климата в настоящее время является одной из проблем, требующей комплексного решения в земледелии, растениеводстве и селекции. Разрабатываемые технологии возделывания новых сортов гороха должны быть основаны на оптимальном использовании земельных ресурсов с применением точного земледелия и составлением краткосрочных и долгосрочных прогнозов климатических изменений. Поэтому селекционерам необходимо учитывать высокую вероятность изменения климата на десятки лет вперед и создавать высокоадаптивные, скороспелые сорта. Составление

долгосрочных прогнозов поможет повысить экономическую эффективность производства сельскохозяйственных культур и окупаемость затрат урожаем [1, 2]. Изменения климата могут быть направлены в любую сторону: как потепления, так и похолодания, поэтому нужно быть готовыми к развитию любых сценариев [3–6].

Горох является одной из наиболее востребованных культур и занимает примерно 80% всех посевных площадей зернобобовых культур в России, что составляет на 2022 г. 1 622 тыс. га. В первой половине 2022 г. поставки российского гороха на международные рынки составили 1,2 млн т, что в 2,2 раза больше, чем годом ранее. Вследствие более высокой урожайности новых сортов валовой сбор зерна гороха по сравнению с предшествующей пятилеткой (2015–2021 гг.) вырос почти в 1,4 раза и составил в 2022 г. 3,6 млн т [7].

Получение высоких, устойчивых урожаев гороха, – актуальная задача, поставленная перед сельскохозяйственным производством. Однако отмечаемое в последние десятилетия для Ростовской области [8] усиление аридности климата и повышение температуры воздуха в летние месяцы до +40°C создают неблагоприятные условия для выращивания гороха; в зоне недостаточного увлажнения он становится низкорентабельным. При этом происходит существенное потепление холодного периода года и нарастание аридности в теплый период [9, 10]. В таких условиях вегетационный период развития гороха удлиняется [11–14]. При этом наблюдается отрицательная корреляция урожайности с суммой температур, и положительная – с количеством осадков [15–17].

Уменьшение количества осадков в период созревания урожая и более высокий дефицит их в определенных стадиях вегетации приводят к снижению урожайности [18–20]. В Ростовской области годовое количество осадков меняется в широких пределах: от 391 до 594 мм, или на 77–117% от нормы [21, 22]. В будущем нельзя исключать учащение дефицита атмосферной влаги, приводящего к засухе, и для смягчения последствий потребуются разработка эффективных мер [23]. Изменение сроков посева в сторону ранних позволит повысить урожайность. Применение минеральных удобрений позволит сгладить стресс растений и отрицательный эффект от засухи [24, 25].

Цель исследований: установление оптимального сочетания гидротермических факторов (температура, осадки), влияющих на урожайность сортов гороха в условиях Приазовской зоны Ростовской области.

Методика исследований

Research method

Исследования были проведены в длительном многофакторном опыте, расположенном на склоне балки Большой Лог Аксайского района Ростовской области, в 1990–2024 гг. Почвенный покров участка представлен черноземом обыкновенным карбонатным среднесмытым среднемощным малогумусным тяжелосуглинистым на лессовидном суглинке. Мощность $A_{\text{пах}}$ – 25–30 см, $A+B$ – от 40 до 60 см в зависимости от смывости. Горизонт А имеет зернистую структуру, АВ – орехово-комковатую и зернисто-комковатую.

Климат зоны проведения исследований – засушливый, умеренно жаркий, континентальный. Относительная влажность воздуха имеет ярко выраженный годовой ход. Наименьшие ее значения отмечаются в июле (50–60%), минимальные в отдельные дни могут составлять 25–30% и ниже. Среднее многолетнее количество осадков – 492 мм, распределение их в агрономической оценке часто малоблагоприятное. За весенне-летний период выпадает 260–300 мм осадков. Накопление влаги в почве начинается в основном в конце октября–ноябре, и максимальный ее запас отмечает-ся ранней весной (с середины марта до начала апреля). Среднегодовая температура

составляла 8,8°C; средняя температура января – –6,6°C, июля – +23°C; минимальная температура зимой составила 41°C, максимальная летом – до +40°C. Безморозный период составляет 175–180 дней. Сумма активных температур – 3210–3400°C. Частые явления – суховеи, случаются пыльные бури различной интенсивности [26, 27].

Высевали сорта гороха селекции Донского НИИСХ (ныне Федеральный Ростовский аграрный научный центр): Аксайский усатый 5, Аксайский усатый 7, Аксайский усатый 10, Аксайский усатый 55, Приазовский, Премьер, Сотник, Амулет, Альянс, Атаман, Кадет, Донец [28]. Урожайность гороха изучали в севообороте, развернутом в пространстве и во времени, в 3-кратной повторности. Предшественником являлся яровой ячмень. Делянки были размещены рендомизированно. Применяли три уровня минерального питания растений: «0» – естественное плодородие; «1» – $P_{60}K_{60}$; «2» – $P_{80}K_{80}$, а также две системы основной обработки почвы – чизельную и отвальную. Посев гороха проводили в максимально ранние сроки, начиная со второй декады марта – первой декады апреля при наступлении физической спелости почвы. Vegetационный период высеваемых сортов гороха составлял 70–75 дней. Уборку гороха начинали с конца июня – начала июля.

Математическую обработку полученных результатов производили с использованием Microsoft Office Excel и программы StatSoft Statistica v.13.3.

Результаты и их обсуждение

Results and discussion

Неустойчивая урожайность яровых культур объясняется прежде всего значительным колебанием выпадающих за вегетационный период осадков. Одним из показателей, позволяющих оценить погодные условия как всего года в целом, так и периода вегетации культуры, является гидротермический коэффициент Г.Т. Селянинова (ГТК), показывающий отношение атмосферных осадков к сумме среднесуточных температур воздуха выше +10°C [26]. При нормальном распределении осадков и среднемесячных температур ГТК вегетационного периода гороха составлял 1,11. В наших исследованиях этот показатель значительно колебался в разные годы исследований в зависимости от складывающихся метеорологических условий. Поэтому для выявления влияния на урожайность гороха погодных условий весь исследуемый период наблюдений по годам мы подразделили на две группы: засушливый и влажный вегетационный период. За основу был выбран показатель ГТК = 1,11 при нормальном распределении показателей температуры и осадков. К засушливому вегетационному периоду были отнесены группы лет с ГТК < 1,11, а к влажному – с ГТК > 1,11.

Из 35 лет наблюдений большая половина являлась засушливой (20 лет, или 57%), а оставшаяся часть – это влажный вегетационный период (15 лет, или 43%). Такое неравномерное распределение периодов вегетации гороха подтверждает нарастающую аридизацию климата [10–13]. При нормальном распределении количество осадков за вегетационный период с апреля по июнь увеличивается от 36 мм до 61 мм, а среднесуточные температуры нарастают помесечно от 9,0 до 20,1°C. В засушливый вегетационный период количество осадков уменьшается на 11–41%, а температура, наоборот, увеличивается на 7–31%. Влажный вегетационный период характеризуется ростом выпадающего за месяц количества осадков, от 25 до 85% больше нормы при незначительном отклонении среднемесячных температур. Такие колебания погодных условий влияют на ГТК, который изменяется от 0,64 в засушливый период до 1,44 во влажный при норме 1,11 (табл. 1).

Нарастание среднесуточных температур и уменьшение количества осадков с конца прошлого века особенно четко прослеживаются на диаграмме (рис. 1).

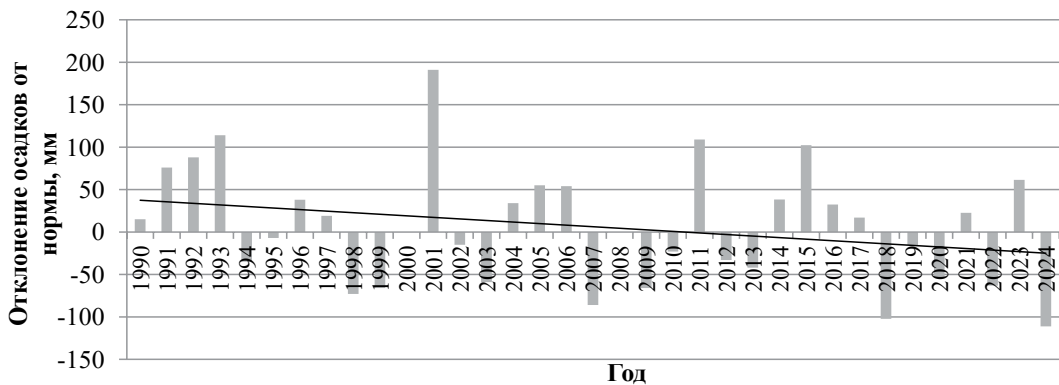
Характеристика гидротермических показателей вегетационного периода гороха

Table 1

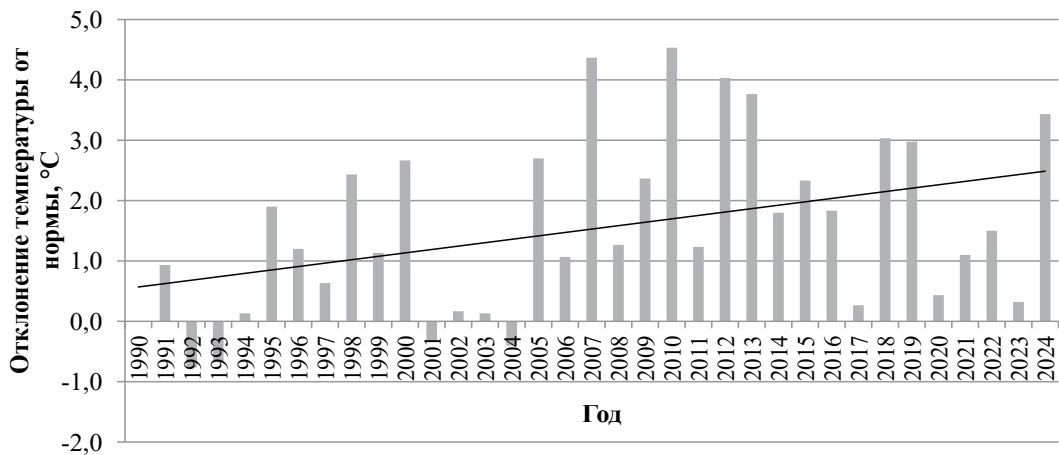
Characteristics of hydrothermal parameters of the pea growing season

Градация вегетационного периода	Количество лет	Сумма осадков, мм				Средняя температура, °С				ГТК
		Апрель	Май	Июнь	Сумма	Апрель	Май	Июнь	Среднее	
Норма*	—	36	43	61	140	9,0	16,4	20,1	15,2	1,11
Среднегодовое	35	41	52	53	146	11,2	17,2	21,8	16,7	0,99
Засушливый	20	32	31	36	100	11,8	17,6	22,6	17,3	0,64
Влажный	15	53	80	76	208	10,4	16,8	20,8	16,0	1,44

*Селянинов Г.Т. [25]



а



б

Рис. 1. Отклонение от нормы суммы осадков (а) и средней температуры (б) вегетационного периода гороха

Figure 1. Deviation from the norm of precipitation (a) and average temperature (b) of the peas growing season

Если в начале 1990-х гг. количество осадков за вегетационный период гороха было в среднем больше нормы на 50 мм (на 35%), то к концу изучаемого периода отклонение от нормы составило 69 мм (на 49% в сторону уменьшения). Об этом свидетельствует линия тренда, подтверждающая уменьшение количества осадков, выпадающего за вегетационный период гороха.

При изменении количества осадков меняется и температурный режим вегетационного периода гороха в сторону увеличения средней температуры вегетационного периода на 1,6°C (на 10%).

Изменения гидротермических условий вегетационного периода гороха отразились на его валовом сборе. Урожайность гороха за годы исследований больше зависела от уровня плодородия почвы и влагообеспеченности года, чем от способа ее обработки. В варианте естественного плодородия почвы средняя урожайность составляла 1,65–1,68 т/га, применение удобрений средней нормой привело к повышению урожайности гороха на 29%, а повышенной – на 45% (табл. 2).

Гидротермические условия периода возделывания гороха значительно сказывались на его урожайности. В засушливый период урожайность гороха была меньше среднемноголетних значений на 8,3% с преимуществом при внесении повышенной нормы удобрений. Во влажный период, наоборот, урожайность превышала средние значения на 11,0%.

Таблица 2

Урожайность гороха в зависимости от гидротермических условий, уровня применения удобрений и способа обработки почвы, т/га

Table 2

Pea yield depending on hydrothermal conditions, fertilizer application level and tillage method, t/ha

Градации вегетационного периода	Способ обработки почвы	Уровень применения удобрений		
		P_0K_0	$P_{60}K_{60}$	$P_{80}K_{80}$
Среднемноголетний	Отвальная	1,68±0,13	2,17±0,13	2,23±0,22
	Чизельная	1,65±0,12	2,13±0,14	2,26±0,21
Засушливый	Отвальная	1,64±0,19	2,02±0,20	2,23±0,22
	Чизельная	1,64±0,19	2,03±0,20	2,26±0,21
Влажный	Отвальная	1,74±0,18	2,38±0,21	2,70±0,21
	Чизельная	1,67±0,17	2,26±0,20	2,58±0,21

НСР₀₅ 0,14–0,31. В зависимости от уровня применения удобрений – 0,11–0,23, способа обработки почвы – 0,16–0,25 т/га.

Температурный режим, наоборот, оказывал отрицательное влияние на урожайность гороха, особенно в первые фазы развития, бутонизацию и цветение, приходящиеся на май ($r = -0,43 \dots -0,61$). В июне, когда завязывание бобов уже закончилось, температурный режим оказывал несколько меньшее влияние на урожайность ($r = -0,41 \dots -0,55$), чем в критические фазы развития гороха (табл. 3).

На урожайность гороха в большей степени оказывал влияние температурный режим как каждого месяца в отдельности, так и в среднем за вегетационный период, чем сумма осадков за этот же период. Горох, являясь влаголюбивой культурой, хорошо отзывается на показатель относительной влажности воздуха и содержание продуктивной влаги в почве, которые зависят от количества выпавших осадков. Поэтому на его урожайность в меньшей степени влияет сумма осадков ($r = 0,1 \dots 0,43$).

Таблица 3

**Корреляционные отношения урожайности гороха
и гидротермических показателей вегетационного периода гороха**

Table 3

Correlation of pea yields and hydrothermal parameters of the pea growing season

Уровень применения удобрений	Сумма осадков, мм				Средняя температура, °С				ГТК
	Апрель	Май	Июнь	Сумма	Апрель	Май	Июнь	Среднее	
Средненоголетний									
Без удобрений	0,11	0,10	0,24	0,21	−0,24	−0,49	−0,47	−0,58	0,28
Средний	0,17	0,28	0,25	0,34	−0,32	−0,60	−0,52	−0,69	0,41
Повышенный	0,20	0,31	0,20	0,34	−0,28	−0,59	−0,54	−0,68	0,41
Засушливый									
Без удобрений	0,34	0,13	0,02	0,29	−0,18	−0,52	−0,52	−0,64	0,38
Средний	0,38	0,16	0,01	0,33	−0,20	−0,60	−0,54	−0,71	0,43
Повышенный	0,43	0,17	0,02	0,36	−0,20	−0,61	−0,55	−0,72	0,46
Влажный									
Без удобрений	−0,20	0,05	0,50	0,29	−0,43	−0,43	−0,49	−0,62	0,42
Средний	−0,22	0,27	0,32	0,31	−0,45	−0,57	−0,43	−0,68	0,45
Повышенный	−0,25	0,26	0,15	0,15	−0,26	−0,51	−0,41	−0,58	0,29

Оптимальными значениями для получения урожая гороха свыше 3,5 т/га являются среднесуточные температуры меньше +15,0°C и сумма осадков больше 200 мм за вегетационный период. При увеличении среднесуточной температуры до +18,0°C и выше отмечается снижение урожайности в засушливый период так же, как и во влажный период при увеличении осадков свыше 250 мм. Поэтому для получения высоких урожаев сроки сева необходимо смещать на более ранние. При наступлении физической спелости почвы в середине марта можно получить дружные всходы гороха, когда в почве достаточно влаги. Сорта селекции ФГБНУ ФРАНЦ способны переносить возвратные заморозки до –2...–3°C без потери урожая. В условиях меняющегося климата, при теплой зиме и раннем наступлении весны, можно проводить сев, начиная со второй декады марта.

Избыточное количество осадков, выпадающее за время вегетации гороха, отрицательно влияет на его урожайность. Это хорошо прослеживается на рисунке 2 (во влажные годы при выпадении осадков свыше 250 мм урожайность уменьшается).

Экономическими характеристиками возделывания гороха являются не только получение валового урожая, но и окупаемость удобрений прибавкой. Эффективность использования удобрений под культуру определяется соотношением прибавки урожая к дозе внесенных удобрений в действующем веществе на 1 га севооборотной площади.

Внесение удобрений средней нормой позволило получить прибавку урожая в размере 3,79–4,07 кг/кг д.в. на 1 кг внесенных удобрений за все годы исследований с преимуществом по отвальной обработке, а увеличение нормы внесения удобрений увеличило окупаемость до 4,66–4,70 кг/кг д.в., или на 15,3–17,3% (табл. 4).

Наибольшая окупаемость удобрений была отмечена при внесении повышенной нормы удобрений в засушливые годы и составляла 5,27 кг/кг по отвальной обработке. Применение чизельной обработки несколько снижало окупаемость удобрений урожаем – до 4,97 кг/кг. Увеличение нормы внесения удобрений позволило получить на 13,7–14,4% больше дополнительной продукции. Во влажный вегетационный период отдача от внесения удобрений средней нормой составила 3,97–4,07 кг/зерн. ед., что на 20,0–22,8% меньше, чем в засушливые годы, а при внесении повышенной нормы удобрений окупаемость уменьшалась на 15,3–17,4%. Столь значительная разница в прибавке урожая показывает высокую отдачу в вариантах без удобрений, и разница между удобренными и неудобренными фонами незначительная. В засушливые годы урожайность гороха ниже, чем в среднем за период исследований, но прибавка урожая и эффективность от внесенных удобрений выше. Применение удобрений различной нормой позволяет снизить неблагоприятное воздействие климатических условий и повысить эффективность удобрений.

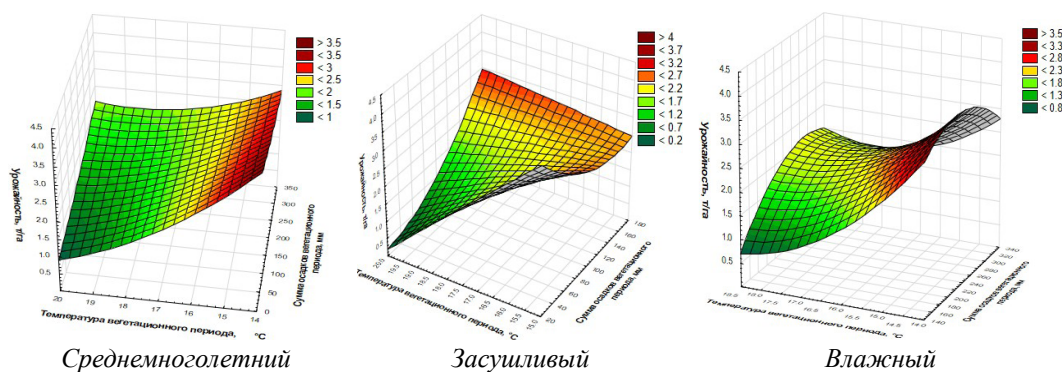


Рис. 2. Зависимость урожайности гороха от гидротермических показателей вегетационного периода

Figure 2. Dependence of pea yield on hydrothermal parameters of the pea growing season

**Эффективность удобрений под горох в зависимости
от уровня применения удобрений и способа обработки почвы, кг/кг д.в.**

Table 4

**Fertilizer efficiency for peas depending on the fertilizer application rate
and tillage method, kg/kg active ingredient**

Градация вегетационного периода	Способ обработки почвы	Уровень применения удобрений	
		1	2
Средне многолетний	Отвальная	4,07	4,70
	Чизельная	3,97	4,66
Засушливый	Отвальная	5,27	6,00
	Чизельная	4,97	5,68
Влажный	Отвальная	4,07	4,70
	Чизельная	3,97	4,66

В среднем за период исследований при благоприятных условиях для развития гороха (температурный режим – 14,0–17,5°C, количество осадков – 200 мм) можно получить наивысшую окупаемость удобрений урожаем свыше 5,0–6,0 кг/кг при внесении средней нормы ($P_{60}K_{60}$). При этих же погодных условиях при увеличении нормы внесения удобрений до $P_{80}K_{80}$ окупаемость удобрений уменьшается до 4,5–5,0 кг/кг. Поэтому внесение повышенных норм удобрений не всегда является экономически эффективным (рис 3).

В засушливый период с увеличением количества осадков свыше 100 мм и снижением температурного режима до 15,5–17,5°C возможно увеличение окупаемости удобрений прибавкой урожая до 7,0–8,0 кг/кг при различных дозах внесения удобрений. Однако в последние десятилетия наблюдаются аридизация климата и рост среднесуточных температур, что отрицательно сказывается на урожайности горох и прибавке урожая [19].

Во влажные годы при внесении нормы удобрений $P_{60}K_{60}$ и количестве осадков от 200 до 300 мм окупаемость удобрений может увеличиться до 5,0–6,0 кг/кг, при этом температурный режим колеблется в пределах +15,0...+17,0°C. Увеличение нормы внесения удобрений в 1,5 раза позволяет увеличить валовый сбор зерна гороха, однако окупаемость удобрений при этих же условиях снижается до 4,0–5,0 кг/кг. Как избыточное количество осадков вегетационного периода (свыше 300 мм), так и высокие среднесуточные температуры (свыше 18,0°C) в условиях Ростовской области приводят к снижению урожайности гороха. Удобрения снижают стресс растений к неблагоприятным условиям, но их окупаемость ниже на 1,0–2,0 кг/кг, чем при внесении удобрений средней нормой.

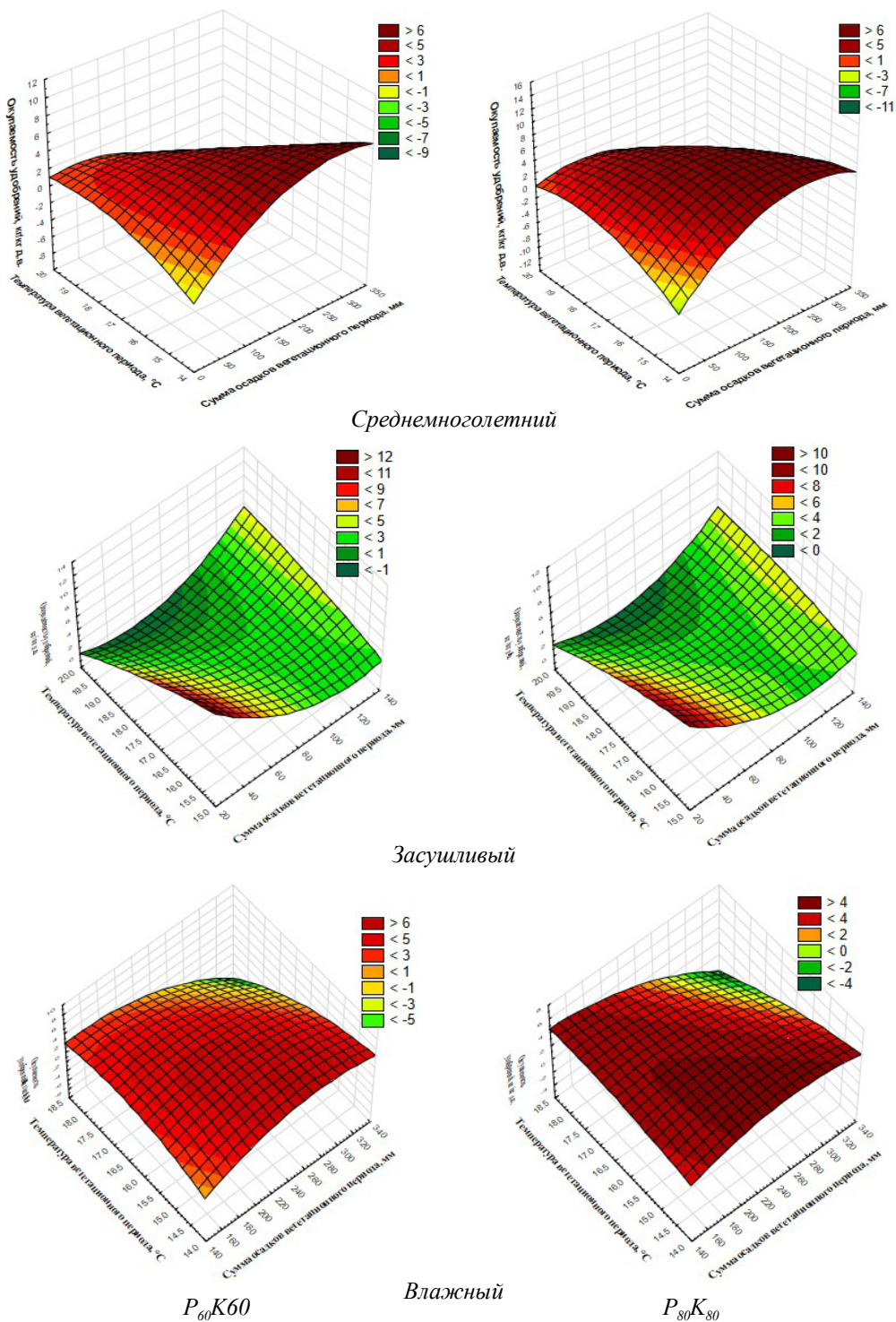


Рис. 3. Зависимость окупаемости удобрений урожаем гороха от гидротермических показателей вегетационного периода

Figure 3. Dependence of fertilizer profitability by pea yield on the hydrothermal parameters of the pea growing season

Выводы Conclusions

В условиях Северного Приазовья Ростовской области в последние десятилетия наблюдается увеличение температурного режима вегетационного периода гороха на 2...3°C при одновременном уменьшении количества осадков на 4...25 мм. Урожайность гороха колеблется от 2,13 т/га до 2,26 т/га при внесении различных норм удобрений. В засушливый период урожайность гороха была ниже на 8,3%, а во влажный период повышалась на 11,0% среднеемноголетних значений. Оптимальными значениями вегетационного периода для получения высоких урожаев являются среднесуточная температура меньше +14,0...+17,5°C и сумма осадков больше 200 мм. Наибольшая окупаемость удобрений прибавкой урожая была получена при внесении повышенной нормы ($P_{80}K_{80}$) и составляла 6,0–7,0 кг/кг д.в. при температурном режиме +15,5...+17,5°C и количестве осадков вегетационного периода 200–300 мм.

Список источников

1. Зотиков В.И., Сидоренко В.С., Грядунова Н.В. Развитие производства зернобобовых культур в Российской Федерации // *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2018. № 2 (26). С. 4–9. <https://doi.org/10.24411/2309-348X-2018-10008>
2. Павлова А.И. Оценка метеорологической засухи на основе стандартизированного индекса осадков и испаряемости // *Аграрный вестник Урала*. 2024. Т. 24, № 5. С. 605–616. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-05-605-616>
3. Черятова Ю.С., Джафарова А.Ф., Греско А.И. Проблема сохранения биоразнообразия в условиях изменения климата // *Биосферное хозяйство: теория и практика*. 2023. № 7 (60). С. 29–32. EDN: UTXJJH
4. Ефимов В.М., Речкин Д.В., Гончаров Н.П. Многомерный анализ многолетних климатических данных в связи с урожайностью, скороспелостью и проблемой глобального потепления // *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2024. Т. 28, № 2. С. 155–165. <https://doi.org/10.18699/vjgb-24-18>
5. Черятова Ю.С., Зверева Е.Д. Угрозы биоразнообразию в условиях глобального изменения климата // *Биосферное хозяйство: теория и практика*. 2024. № 4 (69). С. 62–65. EDN: VBKAVC
6. Черятова Ю.С., Руденко Н.А., Левшунова М.П. К проблеме мониторинга климатических факторов при выращивании растений // *Биосферное хозяйство: теория и практика*. 2024. № 10 (75). С. 77–83. EDN: NKEDMA
7. *Сельское хозяйство в России. 2023*: Статистический сборник. Москва: Росстат, 2023. 103 с. URL: <https://centerapktver.ru/upload/iblock/788/bexm-l0i1due6hu7x3fz87f2p87p0lutt.pdf> (дата обращения: 03.03.2025)
8. Клименко А.И., Безуглова О.С., Гринько А.В. и др. *Почвы Ростовской области: плодородие, его деградация и восстановление в условиях антропогенного изменения климата*: Монография. Рассвет: Полиграф-Сервис, 2024. 232 с. <https://doi.org/10.69535/FRARC.2024.87.93.001>
9. Вошедский Н.Н., Кулыгин В.А. Влияние приемов возделывания на урожайность и водопотребление гороха в условиях Ростовской области // *Мелиорация и гидротехника*. 2024. Т. 14, № 3. С. 211–227. <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2024-14-3-211-227>
10. Горянин О.И. Влияние климата и погодных условий на урожайность зерновых культур в засушливых условиях Поволжья // *Земледелие*. 2024. № 4. С. 19–24. <https://doi.org/10.24412/0044-3913-2024-4-19-24>

11. Бельштина М.Е. Влияние условий влагообеспеченности вегетационного периода на продуктивность сортов сои различного эколого-географического происхождения в условиях центрального Нечерноземья // *Природообустройство*. 2024. № 3. С. 21–30. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2024-3-21-30>
12. Метлина Г.В., Васильченко С.А., Ашиев А.Р., Кравченко Н.С. Влияние сроков посева и норм высева сортов зимующего гороха на содержание белка и выход питательных веществ // *Зерновое хозяйство России*. 2024. Т. 16, № 1. С. 97–103. <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2024-90-1-97-103>
13. Пономарева С.В., Селехов В.В. Влияние погодных условий на урожай и качество сортов гороха // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2017. № 1 (56). С. 20–27. EDN: XVRTXB
14. Пташник О.П. Влияние погодных условий на урожайность сортов гороха посевного в степном Крыму // *Труды Кубанского государственного аграрного университета*. 2018. № 72. С. 308–311. <https://doi.org/10.21515/1999-1703-72-308-311>
15. Gudko V., Usatov A., Minkina T. et al. Dependence of the pea grain yield on climatic factors under semi-arid conditions // *Agronomy*. 2024;14(1):133. <https://doi.org/10.3390/agronomy14010133>
16. Пислегина С.С., Четвертных С.С. Влияние погодных условий на продолжительность вегетационного периода и продуктивность гороха // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2020. Т. 21, № 5. С. 521–530. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.5.521-530>
17. Филатова И.А. Формирование элементов продуктивности гороха в зависимости от погодных условий вегетационного периода // *Земледелие*. 2018. № 6. С. 44–56. <https://doi.org/10.24411/0044-3913-2018-10612>
18. Белолюбцев А.И., Дронова Е.А. Климат как важнейший естественноисторический фактор развития эрозии почв // *Природообустройство*. 2018. № 5. С. 75–82. <https://doi.org/10.26897/1997-6011/2018-5-75-82>
19. Теймуров С.А., Ибрагимов К.М., Казиев М.Р.А. Урожайность озимой пшеницы при прогнозировании климатических факторов в Республике Дагестан // *Труды Кубанского государственного аграрного университета*. 2024. № 110. С. 190–196. <https://doi.org/10.21515/1999-1703-110-190-196>
20. Шарипова Р.Б. Оценка динамики запасов продуктивной влаги в почвах на полях Ульяновской области в региональных условиях изменения климата // *Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии*. 2024. № 1 (65). С. 54–61. <https://doi.org/10.18286/1816-4501-2024-1-54-61>
21. Гаевая Э.А., Васильченко А.П. Урожайность гороха в зависимости от погодных условий Ростовской области // *Достижения науки и техники АПК*. 2016. Т. 30, № 2. С. 32–34. EDN: VPIDMZ
22. Сидаренко Д.П. Динамика основных климатических показателей и их влияние на характер эрозионных процессов в условиях центральной части Ростовской области // *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия «Агрономия и животноводство»*. 2024. Т. 19, № 2. С. 269–280. <https://doi.org/10.22363/2312-797X2024-19-2-269-280>
23. Николаев М.В. Выявление уязвимых для дефицита влаги зернопроизводящих территорий на основе мезорайонирования зоны неустойчивого увлажнения при изменении климата в Европейской части России // *Сельскохозяйственная биология*. 2024. Т. 59, № 3. С. 473–491. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2024.3.473rus>
24. Арженевская Ю.Б., Кувшинова Е.К. Особенности применения биоорганических удобрений на безлисточковых сортах гороха

посевного // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2024. № 6. 75-89. <https://doi.org/10.26897/0021-342X-2024-6-75-89>

25. Постников П.А. Метеорологические условия и урожайность гороха в севооборотах // *Достижения науки и техники АПК*. 2018. Т. 32, № 10. С. 57–60. <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2018-11013>

26. Селянинов Г.Т. *Методика сельскохозяйственной характеристики климата: Мировой агроклиматический справочник*. Ленинград-Москва, 1977. 220 с.

27. Панов В.Д., Лурье П.М., Ларионов Ю.А. *Климат Ростовской области: вчера, сегодня, завтра*: Монография. Ростов-на-Дону: Донской издательский дом, 2006. 488 с. EDN: XBQEMX

28. *Сорта полевых культур*: Каталог. Ростов-на-Дону: Юг, 2024. 204 с. <https://doi.org/10.34924/FRARC.2024.46.88.001>

References

1. Zotikov V.I., Sidorenko V.S., Grydunova N.V. Development of the production of leguminous crops in the Russian Federation. *Legumes and Groat Crops*. 2018;(2(26)):4-9. (In Russ.) <https://doi.org/10.24411/2309-348X-2018-10008>

2. Pavlova A.I. Estimation of meteorological drought based on a Standardized Precipitation Evapotranspiration Index. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2024;24(5):605-616. (In Russ.) <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-05-605-616>

3. Cheryatova Yu.S., Jafarova A.F., Gresko A.I. The problem of conservation of biodiversity under the conditions of climate change. *Biosfernoe khozyaystvo: teoriya i praktika*. 2023;(7(60)):29-32. (In Russ.)

4. Efimov V.M., Rechkin D.V., Goncharov N.P. Multivariate analysis of long-term climate data in connection with yield, earliness and the problem of global warming. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2024;28(2):155-165. (In Russ.) <https://doi.org/10.18699/vjgb-24-18>

5. Cheryatova Yu.S., Zvereva E.D. Threats to biodiversity under global climate change. *Biosfernoe khozyaystvo: teoriya i praktika*. 2024;(4(69)):62-65. (In Russ.)

6. Cheryatova Yu.S., Rudenko N.A., Levshunova M.P. To the problem of monitoring climatic factors in plant growing. *Biosfernoe khozyaystvo: teoriya i praktika*. 2024;(10(75)):77-83. (In Russ.)

7. *Agriculture in Russia. 2023: a statistics digest*. Moscow, Russia: Rosstat, 2023:103. (In Russ.) URL: <https://centerapktver.ru/upload/iblock/788/bexm-l0i1due6hu7x3fz87f2p87p0lutt.pdf> (accessed: March 3, 2025).

8. Klimenko A.I., Bezuglova O.S., Grinko A.V. et al. *Soils of the Rostov Region: fertility, its degradation and restoration in the conditions of climate aridization: a monograph*. Rassvet, Russia: Poligraf-Servis, 2024:232. (In Russ.) <https://doi.org/10.69535/FRARC.2024.87.93.001>

9. Voshedskiy N.N., Kulygin V.A. The influence of cultivation methods on the yield and water consumption of peas in Rostov Region. *Land Reclamation and Hydraulic Engineering*. 2024;14(3):211-227. (In Russ.) <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2024-14-3-211-227>

10. Goryanin O.I. The influence of climate and weather conditions on the yield of grain crops in the arid conditions of the Volga region. *Zemledelie*. 2024;(4):19-24. (In Russ.) <https://doi.org/10.24412/0044-3913-2024-4-19-24>

11. Belyshkina M.E. The influence of moisture availability conditions of the growing season on the productivity of soybean varieties of various ecological and geographical origin in the conditions of the Central Non-Chernozem region. *Prirodoobustrojstvo*. 2024;(3):21-30. (In Russ.) <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2024-3-21-30>

12. Metlina G.V., Vasilchenko S.A., Ashiev A.R., Kravchenko N.S. The effect of sowing dates and sowing rates of wintering pea varieties on protein percentage and yield of nutrients. *Grain Economy of Russia*. 2024;16(1):97-103. (In Russ.) <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2024-90-1-97-103>
13. Ponomareva S.V., Selekhev V.V. The yield and the quality of pea cultivars depending on weather conditions. *Agricultural Science Euro-North-East*. 2017;(1(56)):20-27. (In Russ.)
14. Ptashnik O.P. Influence of weather conditions on the yield of pisum sativum in the steppe Crimea. *Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2018;(72):308-311. (In Russ.) <https://doi.org/10.21515/1999-1703-72-308-311>
15. Gudko V., Usatov A., Minkina T., Duplii N. et al. Dependence of the pea grain yield on climatic factors under semi-arid conditions. *Agronomy*. 2024;14(1):133. <https://doi.org/10.3390/agronomy14010133>
16. Pislegina S.S., Chetvertnykh S.A. Influence of weather conditions on the duration of the growth season and yield of peas. *Agricultural Science Euro-North-East*. 2020;21(5):521-530. (In Russ.) <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.5.521-530>
17. Filatova I.A. Formation of productivity elements of pea depending on weather conditions of the vegetation period. *Zemledelie*. 2018;(6):44-56. (In Russ.) <https://doi.org/10.24411/0044-3913-2018-10612>
18. Belolyubtsev A.I., Dronova E.A. Climate as the most important naturally historical factor of earth erosion development. *Prirodoobustrojstvo*. 2018;(5):75-82. (In Russ.) <https://doi.org/10.26897/1997-6011/2018-5-75-82>
19. Teymurov S.A., Ibragimov K.M., Kaziyeu M.R.A. The yield of winter wheat in forecasting climatic factors in the Republic of Dagestan. *Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2024;(110):190-196. (In Russ.) <https://doi.org/10.21515/1999-1703-110-190-196>
20. Sharipova R.B. Assessment of the dynamics of productive moisture reserves in soils in the fields of Ulyanovsk Region under regional climate change conditions. *Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy*. 2024;(1(65)):54-61. (In Russ.) <https://doi.org/10.18286/1816-4501-2024-1-54-61>
21. Gaevaya E.A., Vasilchenko A.P. Pea productivity depending on weather conditions of Rostov Region. *Achievements of Science and Technology in Agro-Industrial Complex*. 2016;30(2):32-34. (In Russ.)
22. Sidarenko D.P. Dynamics of main climatic indicators and their influence on erosion processes in central part of Rostov Region. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2024;19(2):269-280. (In Russ.) <https://doi.org/10.22363/2312-797X2024-19-2-269-280>
23. Nikolaev M.V. Identification of grain-producing areas vulnerable to moisture deficiency under climate change based on meso-zoning of the dry farming cropland in European Russia. *Agricultural Biology*. 2024;59(3):473-491. (In Russ.) <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2024.3.473rus>
24. Arzhenovskaya Yu.B., Kuvshinova E.K. Peculiarities of using bioorganic fertilizers on leafless pea varieties. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2024;(6):75-89. (In Russ.) <https://doi.org/10.26897/0021-342X-2024-6-75-89>
25. Postnikov P.A. Meteorological conditions and pea productivity in crop rotations. *Achievements of Science and Technology in Agro-Industrial Complex*. 2018;32(10):57-60. (In Russ.) <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2018-11013>
26. Selyaninov G.T. *Methodology of agricultural climate characteristics. World agro-climatic reference book*. Leningrad-Moscow, USSR, 1977:220. (In Russ.)

27. Panov V.D., Lurie P.M., Larionov Yu.A. *Climate of the Rostov Region: yesterday, today, tomorrow*: a monograph. Rostov-on-Don, Russia: Donskoy izdatel'skiy dom, 2006:488. (In Russ.)

28. *Varieties of field crops*: a catalog. Rostov-on-Don, Russia: Yug, 2024:204. <https://doi.org/10.34924/FRARC.2024.46.88.001>

Сведения об авторах

Эмма Анатольевна Гаевая, канд. биол. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории адаптивно-ландшафтного земледелия и защиты почв от эрозии, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный Ростовский аграрный научный центр»; 346735, Российская Федерация, Ростовская обл., Аксайский район, п. Рассвет, ул. Институтская, 1; e-mail: emmaksay@inbox.ru; <https://orcid.org/0000-0001-9279-1070>

Артём Владимирович Гринько, канд. с.-х. наук, заведующий отделом биологического земледелия и защиты растений, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный Ростовский аграрный научный центр»; 346735, Российская Федерация, Ростовская обл., Аксайский район, п. Рассвет, ул. Институтская, 1; e-mail: grinko82@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-3075-9096>

Ольга Степановна Безуглова, д-р биол. наук, профессор, главный научный сотрудник отдела биологического земледелия и защиты растений, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный Ростовский аграрный научный центр»; 346735, Российская Федерация, Ростовская обл., Аксайский район, п. Рассвет, ул. Институтская, 1; e-mail: lola314@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-4180-4008>

Information about the authors

Emma A. Gaevaia, CSc (Bio), Leading Research Associate at the Laboratory of Adaptive Landscape Agriculture and Soil Erosion Protection, Federal Rostov Agricultural Research Centre; 1 Institutskaya St., Rassvet, Aksay District, Rostov Region, 346735, Russian Federation; e-mail: emmaksay@inbox.ru; <https://orcid.org/0000-0001-9279-1070>

Artem V. Grinko, CSc (Ag), Head of the Department of Biological Agriculture and Plant Protection, Federal Rostov Agricultural Research Centre; 1 Institutskaya St., Rassvet, Aksay District, Rostov Region, 346735, Russian Federation; e-mail: grinko82@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-3075-9096>

Olga S. Bezuglova, DSc (Bio), Professor, Chief Research Associate at the Department of Biological Agriculture and Plant Protection, Federal Rostov Agricultural Research Centre; 1 Institutskaya St., Rassvet, Aksay District, Rostov Region, 346735, Russian Federation; e-mail: lola314@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-4180-4008>