

DOI: <https://doi.org/10.60797/jbg.2024.26.2>ИЗМЕНЧИВОСТЬ ПЛАСТИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ ЛИСТОВЫХ ПЛАСТИН *TRIFOLIUM PRATENSE*

Научная статья

Баранов С.Г.<sup>1,\*</sup>, Винокуров И.Ю.<sup>2</sup><sup>1</sup>ORCID : 0000-0002-7778-4689;<sup>2</sup>ORCID : 0000-0003-1423-2323;<sup>1</sup>Владимирский государственный университет, Владимир, Российская Федерация<sup>2</sup>Верхневолжский Научный Агротцентр, Суздаль, Российская Федерация

\* Корреспондирующий автор (bar.serg58[at]gmail.com)

**Аннотация**

Проведен анализ флуктуационной и пластической изменчивости листовых пластин Клевера лугового (*Trifolium pratense*), сорт Марс, при четырёх видах обработки почвы в условиях 1-го севооборота в адаптивно-ландшафтных системах земледелия. Флуктуационная изменчивость определялась по индексу флуктуирующей асимметрии ФА2, который рассчитывался по нормирующей разности левого и правого признака. Статистическая значимость ФА определялась в 2-х факторном дисперсионном анализе. Пластическая изменчивость – по отношению минимального и максимального значения признака и по коэффициенту вариации этого отношения. Исследуемые выборки отличались по средней величине билатерально симметричного признака. Наибольшее его значение получено при втором способе обработки почвы (комбинировано-энергосберегающий). Этот способ показал повышенное содержание элементов питания (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, NO<sub>3</sub> и свободного азота N<sub>2</sub>), отсутствие значимой флуктуирующей асимметрии и отрицательную корреляцию между величиной признака и пластической изменчивостью ( $p < 0.05$ ). Третий и четвертый методы обработки почвы (комбинированно-ярусная и противоэрозионная) показали отсутствие отрицательной корреляции между признаком и пластической изменчивостью. Пластическая изменчивость коррелировала высоко положительно с ФА2 во всех выборках, кроме четвертой ( $r = 0,36$ ). Таким образом, комбинированно-энергосберегающий метод обработки почвы способствовал относительно высокому уровню стабильности развития, развитию крупной листовой пластины с высокой пластической изменчивостью и повышенным содержанием минеральных элементов.

**Ключевые слова:** флуктуационная и пластическая изменчивость, минеральные элементы питания, клевер луговой.

VARIABILITY OF PLASTIC TRAITS OF *TRIFOLIUM PRATENSE* LEAF PLATES

Research article

Baranov S.G.<sup>1,\*</sup>, Vinokurov I.Y.<sup>2</sup><sup>1</sup>ORCID : 0000-0002-7778-4689;<sup>2</sup>ORCID : 0000-0003-1423-2323;<sup>1</sup>Vladimir State University, Vladimir, Russian Federation<sup>2</sup>Verkhnevolzhsky Agrarian Scientific Center, Suzdal, Russian Federation

\* Corresponding author (bar.serg58[at]gmail.com)

**Abstract**

The fluctuation and plastic variability of leaf plates of meadow clover (*Trifolium pratense*), variety Mars, under four types of tillage in the conditions of the 1st crop rotation in adaptive-landscape farming systems was analysed. The fluctuating variability was determined by the fluctuating asymmetry index FA2, which was calculated by the normalizing difference of the left and right traits. Statistical significance of FA was determined in 2-factor analysis of variance. Plastic variability – by the ratio of the minimum and maximum values of the trait and by the coefficient of variation of this ratio. The studied samples differed in the mean value of the bilaterally symmetrical trait. Its highest value was obtained at the second method of soil cultivation (combined energy-saving). This method showed increased content of nutrition elements (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, NO<sub>3</sub> and free nitrogen N<sub>2</sub>), absence of significant fluctuating asymmetry and negative correlation between the trait value and plastic variability ( $p < 0.05$ ). The third and fourth tillage methods (combined tier and anti-erosion) showed no negative correlation between trait value and plastic variability. Plastic variability correlated highly positively with FA2 in all samples except the fourth ( $r = 0.36$ ). Thus, the combined energy-saving tillage method promoted a relatively high level of developmental stability, development of a large leaf plate with high plastic variability and increased content of mineral elements.

**Keywords:** fluctuation and plastic variability, mineral nutrition elements, meadow clover.

**Введение**

Пластическая изменчивость мерных признаков растений относится к фенотипическому виду изменчивости, важнейшим видом воздействия на него является освещение и комплекс минеральных питательных веществ. Флуктуационная изменчивость – это различие между левой и правой сторонами признака, указывающая на степень отклонения от стабильности развития, которая, в свою очередь, зависит от внутренних генетических и внешних факторов среды.

Исследователей интересует вопрос о соотношении этих двух видов изменчивости. Предполагается, что повышение пластической изменчивости, сопровождаемое флуктуационным отклонением, способствует снижению

стабильности развития и нарушению биохимического гомеостаза [1], [2]. Следовательно, нестабильность развития и пластическая изменчивость находятся в тесной связи, например, флуктуирующая асимметрия (ФА) может быть вторично зависима от пластической изменчивости [3], [4]. Природа этой связи и обуславливающие её биохимические процессы остаются неизученными.

По мнению Ван Донгена, флуктуирующую асимметрию нужно рассматривать как шум развития, который стохастически независимо проявляется в различных признаках и относительно не зависит от действия внешних факторов [5].

Для растений, особенно культивируемых сортов, как и для представителей высокопродуктивных пород животных, скорее характерен узкий диапазон нормы реакции на внешние условия. Для травянистых растений высокая пластическая изменчивость сопряжена с высоким фототаксисом, возможными аллометрическими свойствами, меняющимися при изменении размеров растения.

Система севооборотов, режим внесения удобрения и основные обработки почвы – это технологические факторы, позволяющие получать высокую биологическую продукцию, и способные отклонять флуктуационные свойства в виде повышения асимметрии со снижением гомеостаза развития растения [6].

Климатический фактор играл решающую роль в пластической изменчивости листовых пластин клевера лугового, которая положительно коррелировала со значением ФА, а отвальный способ обработки почвы снижал стабильность развития клевера [7], [8]. Повышенная доза азотофосфорнокалийного удобрения снижала стабильность развития по сравнению с контролем [9].

В современном сельском хозяйстве используется адаптивно-ландшафтная система земледелия с различными типами севооборота с целью накопления органического вещества в почве с высоким коэффициентом гумификации и повышенным содержанием основных минеральных элементов питания.

Целью работы являлось изучение соотношения двух видов фенотипической изменчивости клевера лугового при различных приёмах обработки почвы. Были приняты во внимание не только корреляционные особенности фенотипической изменчивости, но и фитнес растения, как скоррелированность величин признаков листовой пластины.

#### Методы и принципы исследования

В работе использовался Клевер луговой (*Trifolium pratense* L.), сорт Марс. Сбор листовых пластин проводился после окончания вегетационной активности растений 19 сентября 2023 г. на стационарном опыте Верхневолжского федерального аграрного научного центра (г. Суздаль) на серой лесной слабокислой среднесуглинистой почве (рН = 5,2-5,6).

Исследования проводились на фоне следующих четырёх систем обработки почвы:

- 1) вспашка на 20-22 см под все малолетние культуры севооборота;
- 2) комбинированно-энергосберегающая, заключающаяся в сочетании вспашки на 20-22 см пласта многолетних трав с поверхностными обработками на 10-12 см;
- 3) комбинированно-ярусная, заключающаяся в двухъярусной вспашке пласта многолетних трав, со вспашкой на 20-22 см через год после двухъярусной вспашки с поверхностными обработками на 10-12 см;
- 4) противозрозийная, заключающаяся в сочетании вспашки на 20-22 см пласта многолетних трав с глубоким рыхлением на 25-27 см.

Работа проводилась по системе 4-х севооборотов по следующей схеме. Первый: чёрный пар – озимая пшеница – овёс + мн. травы – мн. травы 1 г. п. – мн. травы 2 г. п. – ячмень). Второй: занятый пар – озимая рожь – овёс + мн. травы – мн. травы 1 г. п. – мн. травы 2 г. п. – яровая пшеница. Третий: мн. травы 1 г. п. – мн. травы 2 г. п. – озимая рожь – яровая пшеница – овёс – ячмень + мн. травы и четвертый: мн. травы 1 г. п. – мн. травы 2 г. п. – озимая пшеница – картофель – яровая пшеница – ячмень + мн. травы. Анализ морфологических характеристик и асимметрии проводился по данным, полученным после первого севооборота, проводилось сравнение севооборотов по первому способу обработки почвы.

Листовые пластины собирались рандомно с максимально одинаковыми размерами, по одной пластине от одного растения (использовано от 21 до 34 особей) и помещались в бумажный пресс. Для определения ФА использовались 4 парных билатерально симметричных признака. Под хордой (1-й и 4-й признаки) подразумевался отрезок, соединявший основание и точку края максимальной ширины листочка (рис.1).

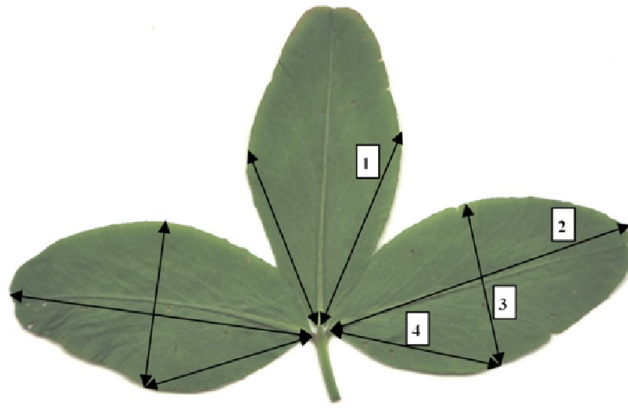


Рисунок 1 - Четыре парных признака, использованные для определения флуктуационной и пластической изменчивости  
DOI: <https://doi.org/10.60797/jbg.2024.26.2.1>

Примечание: 1 – длина хорды на среднем листочке; 2 – длина супротивных боковых листочков; 3 – ширина супротивных боковых листочков; 4 – длина хорды на каждом из боковых листочков

Каждое измерение проводилось дважды с помощью экранного дигитайзера DIG2. Определение величины ФА (ФА10) проводилось в смешанной модели 2-х факторного дисперсионного анализа (сторона × лист) в программе STATISTICA 10 (Palmer, Strobeck, 2003). Дополнительно, находился индекс асимметрии ФА2 по формуле  $|L - P| / (L + P)$ , где L и P – величины левого и правого признаков. Заметим, что такой индекс служил как ориентировочный. Исключение направленной асимметрии проводилось проверкой гипотезы об отсутствии различия между левой и правой сторонами (*t*-тест). При этом мы исходили из предположения о нормальном распределении левого и правого значений каждого признака. Ошибка измерения, после двукратного измерения случайно выбранного признака, не превышала 10% его величины. Пластическая изменчивость (Пл) определялась по формуле:

$$\text{Пл} = (1 - x/X)/(P+L)/2,$$

где:

x – наименьшее значение признака;

X – наибольшее значение признака;

P и L – величины правого и левого признака.

Коэффициент вариации CV определялся как отношение стандартного отклонения  $\sigma$  к среднему значению. Основной экспериментальной единицей служила листовая пластина. Под фитнесом понималась степень скоррелированности величин 4-х признаков листовой пластины, как основного объекта исследования. Корреляция ФА2 и Пл среди признаков находилась, как среднее на признак, а основной показатель корреляции между ФА и пластической изменчивостью рассчитывался на листовую пластину.

Определение корреляции проводилось по Спирмену, т.к., большинство выборок не подчинялись закону параметрического распределения (К-С тест:  $p < 0,05$ ). Содержание нитратного азота проводилось потенциометрическим методом с помощью ион-селективного электрода; оксида фосфора  $P_2O_5$  по Кирсанову; оксида калия  $K_2O$  – по Масловой [10].

### Основные результаты

Анализ содержания минеральных элементов показал превышение показателей во втором способе обработки почвы (табл. 1).

Таблица 1 - Влияние обработки почвы на содержание элементов питания

DOI: <https://doi.org/10.60797/jbg.2024.26.2.2>

Обработки почвы	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , %	K <sub>2</sub> O, %	Азот, %	NO <sub>3</sub> , мг/кг
Вспашка	0,908	2,77	2,71	2450
Комбинированно-энерг. сберегающая	0,917	3,12	2,82	2510
Комбинированно-ярусная	0,886	2,40	2,65	2285
Противоэрозионная	0,791	2,51	2,67	2450

Чтобы объяснить повышенное содержание минеральных элементов, необходимых для функционирования растения, был проведён детальный анализ двух видов фенотипической изменчивости (таблица 2).

Таблица 2 - Влияние способа обработки почвы на характеристики изменчивости листовой пластины клевера

DOI: <https://doi.org/10.60797/jbg.2024.26.2.3>

Способ обработки и почвы	Пр $\pm$ 0,03, см	ФА10, F (ФА2 $\pm$ 0,01)	Пл (CV)	ФА2/признак	ФА2/Пл	ФА2/Пл /лист	Пл/признак
1	2	3	4	5	6	7	8
Вспашка	2,84	14,3 (0,04)	0,09 $\pm$ 0,01 (0,54)	ns	-0,11*	0,70*	-0,47*
Комбинированная-энергосберегающая	3,16	ns (0,03)	0,11 $\pm$ 0,02 (1,04)	-0,4*	0,72*	0,62*	-0,60*
Комбинированно-ярусная	2,98	4,7(0,03)	0,1 $\pm$ 0,01 (0,72)	ns	0,78*	0,85*	ns
Противозерононная	3,03	ns (0,03)	0,17 $\pm$ 0,02 (0,80)	ns	0,38*	0,39*	ns

Примечание: Примечание: Пр $\pm$ 0,03, см – величина признака; ФА10, F; (ФА2 $\pm$ 0,01) – флуктуирующая асимметрия, индексы ФА10 и ФА2; Пл (CV) – пластическая изменчивость (коэффициент вариации); ФА2/признак – корреляция между ФА2 и величиной признака; ФА2/Пл – корреляция между ФА2 и пластической изменчивостью признаков; ФА2/Пл/лист – корреляция между ФА2 и пластической изменчивостью признаков на лист; Пл/признак – корреляция между пластической изменчивостью и величиной признака на лист; \* –  $p < 0,05$

Направленная асимметрия в признаках не превышала по значимости уровень  $p = 0,01$ . Средняя величина признака (кол. 2) существенно различалась в четырех выборках (F(3;107,3);  $p=0,001$ ) и была наибольшей (3,16  $\pm$  0,03) во второй выборке (второй способ обработки) на рис. 2). Корреляция ФА2/Пл в признаках была высокой за исключением первой выборки (вспашка) с наименьшим размером листовой пластины (колонка 6). Во всех выборках присутствовала связь между ФА2 и пластической изменчивостью (колонка 7), а размер листа отрицательно или не значительно коррелировал с изменчивостью листовой пластины (кол. 8). Флуктуирующая асимметрия была значимой при первой и третьей обработке (кол. 3). Пластическая изменчивость (Пл, кол. 4) различалась статистически и была наибольшей при 4-м способе обработки (F(3;107)=8,5;  $p=0,00004$ ). Индекс ФА2 не различался (рис. 3).

Обращает внимание отрицательная корреляция между ФА2 и размером листа во втором способе обработки (кол. 5). Объяснением служит следующее: самый высокий размер листьев (сформированность пластины) сопровождается снижением ФА по мере формирования листа. Влияние способов обработки почвы на величину признака и на ФА показано на рис. 2 и рис. 3.

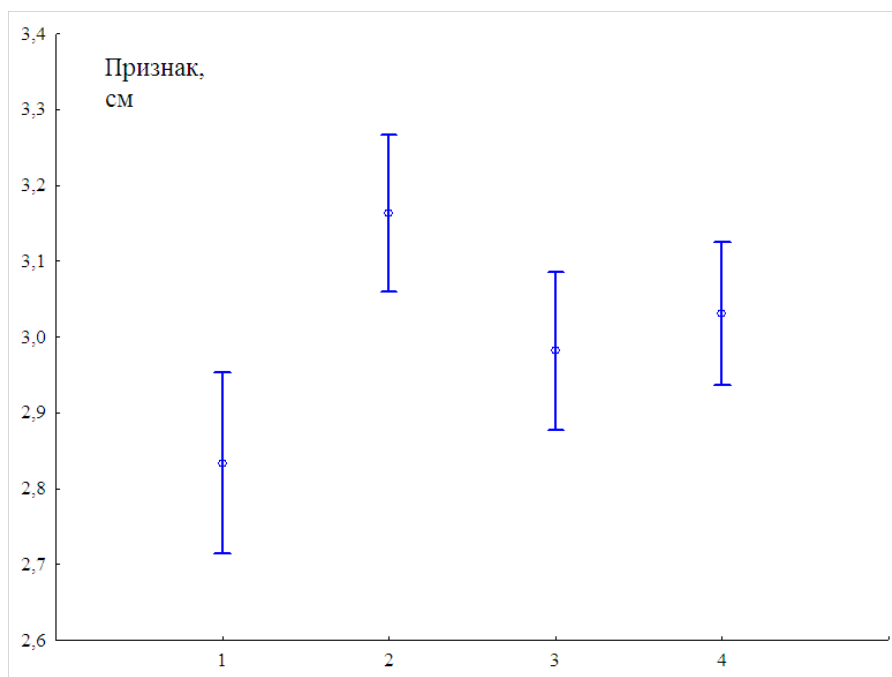


Рисунок 2 - Влияние способов обработки почвы на величину усредненного признака листовой пластины  
DOI: <https://doi.org/10.60797/jbg.2024.26.2.4>

Примечание:  $p=0,001$

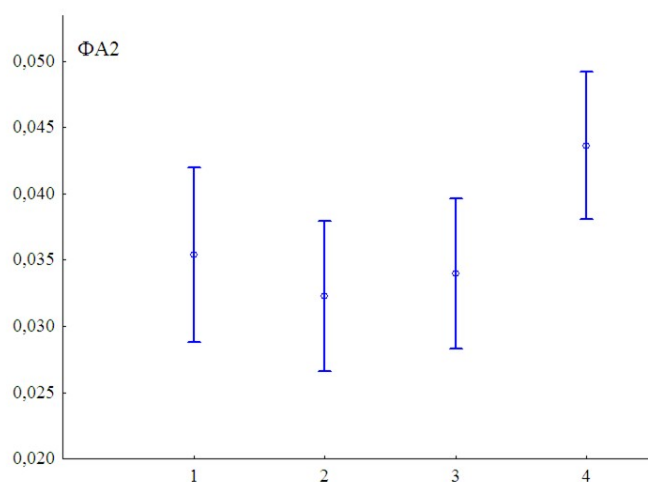


Рисунок 3 - Влияние способов обработки почвы на величину флуктуационной изменчивости признака  
DOI: <https://doi.org/10.60797/jbg.2024.26.2.5>

Примечание:  $p \leq 0,05$ ; вертикальные планки – 95%-й доверительный интервал; по оси OX – способы обработки почвы (1-4)

Таким образом, малый размер признака, и листовой пластины в первом способе обработки способствовал слабой отрицательной связью между двумя видами изменчивости. С повышением размеров листовой пластины связь ФА – Пл выравнивалась среди признаков. По всем выборкам в совокупности, асимметрия листовой пластины ФА2 была с

сильной корреляционной связью с величиной пластической изменчивости ( $r = 0,70$ ;  $p < 0,05$ ). Коэффициенты вариации ФА2 и пластической изменчивости показаны на рис.4.

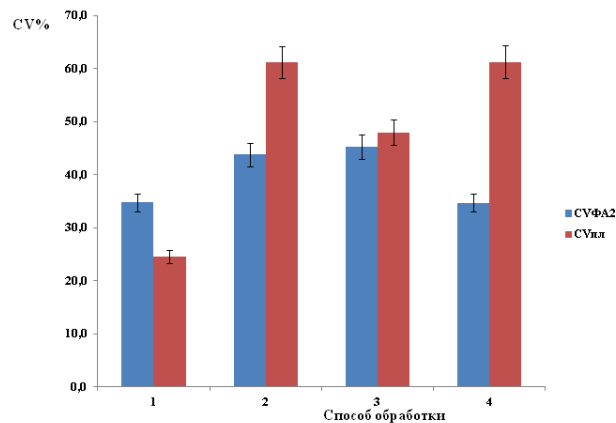


Рисунок 4 - Зависимость коэффициентов вариации пластической (CVпл) и флуктуационной (CVфа2) изменчивости от способа обработки почвы

DOI: <https://doi.org/10.60797/jbg.2024.26.2.6>

*Примечание: статистически значимая ФА наблюдалась только при первом и третьем способах обработки; планки погрешности – с относительными ошибками*

### Обсуждение

Высокие значения 2-х видов изменчивости сопровождалось высоким накоплением в зеленой массе минеральных веществ при втором способе обработки почвы. Повышенная пластическая изменчивость (второй и четвертый способы обработки) могли объясняться плоскорезной техникой рыхления почвы. При втором способе обработки изменчивость листовых пластин и их вегетативная масса коррелировала с накоплением соединений калия, фосфора и соединений азота, и не сопровождалась повышенной ФА или повышенным фитнесом.

Характерно повышение размеров листьев при четвертом способе обработки и резким снижением фитнеса (данные не указаны). Не было получено существенной высокой корреляции между значениями ФА в признаках. Так при втором и четвертом способе обработки признаки не коррелировали по показателю ФА2. В других способах обработки скоррелированность на признак была не более 0,2. Пластическая изменчивость превышала флуктуационную от 4-х (третья обработка) до 100 раз (первая обработка).

Множественная регрессия по всему объему данных показала влияние на флуктуационную изменчивость как пластической изменчивости ( $p=0,001$ ), так и размера признака ( $p = 0,01$ ).

Выводы:

1. Высокая стабильность развития при 2-м способе обработки почвы (комбинированной-энергосберегающая) сочеталась с высокой величиной признаков, повышенной пластической изменчивостью и максимальным содержанием минеральных элементов питания.
2. Отрицательная корреляция между признаками по величине флуктуирующей асимметрии (независимость ФА) была характерна для второго способа обработки с плоскорезным типом рыхления почвы.
3. При различных размерах пластины коэффициент вариации CV был удобным индексом при тестировании пластической и флуктуационной изменчивости.

### Заключение

Флуктуационную изменчивость мы рассматривали как вариацию индекса ФА2, статистически значимая ФА определялась индексом ФА10 в 2-х факторном анализе. Коэффициенты вариации были наиболее информативны из-за различия в величинах листовых платин.

Метод машинного обучения (метод опорных векторов с генерацией 10 000 значений) не показал влияния методов обработки на предсказанное значение ФА, а размер величины признака показал обратную зависимость с величиной ФА2.

Проведенное исследование предполагает, что увеличение в размерах органа приводят и к увеличению вариации обоих видов изменчивости. Величина ФА не всегда зависит от степени пластической изменчивости, или не находится в сопряженном, тесном взаимодействии, что предполагает и различную генетическую природу двух видов изменчивости.

По сравнению с древесными видами, пластическая изменчивость многолетних травянистых растений выражена выше. В признаках листовых пластин липы мелколистной характерно высокая степень сопряженности ФА – Пл [10] по принципу (больше одного – меньше другого). Такое же соотношение мы наблюдали в случае с первым способом обработки (табл. 2, 6 колонка). Ограничение использованного метода – визуальное различие коэффициента вариации CV без определения уровня вероятности  $p$ .

Для сравнения был поставлен анализ на величину флуктуирующей асимметрии (ФА10) в 4-х севооборотах (первый способ обработки). Снижение асимметрии было получено в ряду: 3-й севооборот ( $F=9,9$ ;  $p=0,01$ ), 1-й ( $F=14,3$ ;  $p=0,02$ ), 4-й ( $F=2,7$ ;  $p=0,03$ ) и 2-й ( $F=1,5$ ;  $p=0,05$ ). Наиболее высокое значение признака было в растениях, полученных в 4-м севообороте, т.е., мы не наблюдали корреляции между величиной признака и уровнем ФА10.

Только внутри 4-й популяции (севооборота) получена положительная корреляция в паре ФА2 – величина признака (Спирмена  $r = 0,28$ ). Таким образом, в четвертом севообороте было обратное соотношение ФА2 – признак, чем в первом севообороте при комбинированно-энергосберегающей системе обработки. Дальнейшее исследование нам видится в нахождении различия в двух экспериментальных единицах: на уровне листа и на уровне признака с использованием многолетних данных.

### Конфликт интересов

Не указан.

### Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

### Conflict of Interest

None declared.

### Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

### Список литературы / References

- Graham J. H. Nature, nurture, and noise: Developmental instability, fluctuating asymmetry, and the causes of phenotypic variation / J. H. Graham // *Symmetry*. — 2021. — 13.
- Saito K. Developmental noise and phenotypic plasticity are correlated in *Drosophila simulans* / K. Saito, I. M. Tsubo, Y. Takahashi // *Evolution Letters*. — 2024. — 69.
- Tucic B. Phenotypic plasticity in response to environmental heterogeneity contributes to fluctuating asymmetry in plants: first empirical evidence / B. Tucic [et al.] // *Journal of Evolutionary Biology*. — 2018. — 31.2. — P. 197–210.
- Van Dongen S. Modeling developmental instability as the joint action of noise and stability: a Bayesian approach / S. Van Dongen, L. Lens // *BMC Evolutionary Biology*. — 2002. — 2. — P. 1–11.
- Baranov S. G. Two kinds of asymmetry in spring wheat leaf blade / S. G. Baranov, I. Y. Vinokurov, I. E. Zykov [et al.] // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. — 2021. — 839.
- Винокуров И. Ю. Морфологические особенности клевера лугового и озимой пшеницы в адаптивно-ландшафтных системах земледелия Владимирского Ополя / И. Ю. Винокуров, С. Г. Баранов // *Владимирский земледелец*. — 2019. — 4.
- Baranov S. G. Asymmetry and shape in leaf blade red clover / S. G. Baranov, I. Yu. Vinokurov, I. E. Zykov [et al.] // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. — 2020. — 548.
- Бибик Т. С. Влияние дозы комплексного удобрения на стабильность развития клевера лугового (*Trifolium pratense*) / Т. С. Бибик, И. М. Щукин, С. Г. Баранов // *Успехи современного естествознания*. — 2017. — 3.
- Баранов С. Г. Конъюгация двух типов фенотипической изменчивости у липы мелколистной / С. Г. Баранов, И. Е. Зыков, Д. Д. Кузнецова // *Вавиловский журнал генетики и селекции*. — 2019. — 23.
- Винокуров И. Ю. Содержание элементов питания в растительных образцах трав при исследовании пятой ротации севооборотов адаптивно-ландшафтных систем земледелия / И. Ю. Винокуров, В. В. Шаркевич // *Международная научно-практическая конференция «Научное наследие А.Г. Дояренко – основа в разработке систем земледелия будущего»*. — 2024. — 1.

### Список литературы на английском языке / References in English

- Graham J. H. Nature, nurture, and noise: Developmental instability, fluctuating asymmetry, and the causes of phenotypic variation / J. H. Graham // *Symmetry*. — 2021. — 13.
- Saito K. Developmental noise and phenotypic plasticity are correlated in *Drosophila simulans* / K. Saito, I. M. Tsubo, Y. Takahashi // *Evolution Letters*. — 2024. — 69.
- Tucic B. Phenotypic plasticity in response to environmental heterogeneity contributes to fluctuating asymmetry in plants: first empirical evidence / B. Tucic [et al.] // *Journal of Evolutionary Biology*. — 2018. — 31.2. — P. 197–210.
- Van Dongen S. Modeling developmental instability as the joint action of noise and stability: a Bayesian approach / S. Van Dongen, L. Lens // *BMC Evolutionary Biology*. — 2002. — 2. — P. 1–11.
- Baranov S. G. Two kinds of asymmetry in spring wheat leaf blade / S. G. Baranov, I. Y. Vinokurov, I. E. Zykov [et al.] // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. — 2021. — 839.



6. Vinokurov I. Ju. Morfologicheskie osobennosti klevera lugovogo i ozimoy pshenitsy v adaptivno-landshaftnyh sistemah zemledelija Vladimirskogo Opol'ja [Morphological features of red clover and winter wheat in adaptive landscape farming systems of Vladimir Opol'ye] / I. Ju. Vinokurov, S. G. Baranov // Vladimir farmer. — 2019. — 4. [in Russian]
7. Baranov S. G. Asymmetry and shape in leaf blade red clover / S. G. Baranov, I. Yu. Vinokurov, I. E. Zykov [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. — 2020. — 548.
8. Bibik T. S. Vlijanie dozy kompleksnogo udobrenija na stabil'nost' razvitija klevera lugovogo (*Trifolium pratense*) [Effect of Complex Fertilizer Dose on the Stability of Red Clover (*Trifolium pratense*) Development] / T. S. Bibik, I. M. Schukin, S. G. Baranov // Advances in Current Natural Science. — 2017. — 3. [in Russian]
9. Baranov S. G. Kon'jugatsija dvuh tipov fenotipicheskoj izmenchivosti u lipy melkolistnoj [Conjugation of two types of phenotypic variability in small-leaved linden] / S. G. Baranov, I. E. Zykov, D. D. Kuznetsova // Vavilov Journal of Genetics and Breeding. — 2019. — 23. [in Russian]
10. Vinokurov I. Ju. Soderzhanie elementov pitaniya v rastitel'nyh obraztsah trav pri issledovanii pjatoj rotatsii sevooborotov adaptivno-landshaftnyh sistem zemledelija [The content of nutrients in plant samples of grasses in the study of the fifth rotation of crop rotations of adaptive – landscape farming systems] / I. Ju. Vinokurov, V. V. Sharkevich // International Scientific and Practical Conference "Scientific heritage of A.G. Doyarenko – the basis for the development of agricultural systems of the future". — 2024. — 1. [in Russian]