

## CROP PRODUCTION

DOI: <https://www.doi.org/10.23649/jae.2023.2.30.001>

Kuzminova O.A.<sup>1</sup>\*, Stashevski Z.<sup>2</sup>, Vologin S.G.<sup>3</sup>, Gimaeva E.A.<sup>4</sup>, Gizatullina A.T.<sup>5</sup>

<sup>1-5</sup>Tatar Scientific Research Institute of Agriculture Federal Research Center Kazan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Kazan, Russia

\* Corresponding author (kuzminovaoa.ok[at]gmail.com)

Received: 27.11.2022; Accepted: 26.12.2022; Published: 20.02.2023

### AN EVALUATION OF ADAPTABILITY OF PERSPECTIVE POTATO VARIETIES OF DOMESTIC SELECTION IN THE REPUBLIC OF TATARSTAN

Research article

#### Abstract

Evaluation of varieties based on their genetically mediated ability to adapt to contrasting soil and climatic conditions is one of the most effective and environmental ways to increase potato yields, as well as profitability and quality of the final product. The specifics of the productivity formation in potato plants of perspective varieties of domestic breeding in the Republic of Tatarstan were studied. The plants were grown without irrigation. To evaluate adaptability and stability, the Kilchevsky and Khotyleva method as well as the biplot analysis were used. According to the breeding value of the genotype, the varieties of selection of the Tatar Agricultural Research Institute – Samba and Courtney, as well as the varieties of selection of the Leningrad Agricultural Research Institute – Charoit and Lomonosovsky were identified. Using the GGE biplot analysis method, it was found that the Samba variety ( $X_{sr} = 0.64$  kg/bush) was the closest to the "ideal genotype" on the basis of productivity, which characterized it as highly productive with high stability of this trait. The varieties Vimpel ( $X_{sr} = 0.53$  kg/bush), Meteor ( $X_{sr} = 0.49$  kg /bush) and Charoit ( $X_{sr} = 0.54$  kg/bush) were identified by good responsiveness to improving growing conditions. The Courtney variety was identified by its high resistance to adverse environmental factors ( $X_{sr} = 0.54$  kg/bush). In drought conditions, the most successful were sora, the productivity of which depended mainly on the average weight of the tuber – Samba and Courtney. In 2017, with more favourable moisture indicators, varieties were identified, among which there were genotypes, the productivity of which was formed due to numerous tubers: Charoit, Pennant, Meteor, Lomonosovsky, Samba.

**Keywords:** potato, productivity, variance analysis, adaptability, stability, GGE-biplot analysis.

Кузьминова О.А.<sup>1</sup>\*, Сташевски З.<sup>2</sup>, Вологин С.Г.<sup>3</sup>, Гимаева Е.А.<sup>4</sup>, Гизатуллина А.Т.<sup>5</sup>

<sup>1-5</sup> Татарский научно-исследовательский институт сельского хозяйства Федеральный исследовательский центр «Казанский научный центр Российской академии наук», Казань, Россия

\* Корреспондирующий автор (kuzminovaoa.ok[at]gmail.com)

Получена: 27.11.2022; Доработана: 26.12.2022; Опубликована: 20.02.2023

### ОЦЕНКА АДАПТИВНОСТИ ПЕРСПЕКТИВНЫХ СОРТОВ КАРТОФЕЛЯ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ СЕЛЕКЦИИ В УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

Научная статья

#### Аннотация

Оценка сортов по генетически опосредованной способности адаптироваться к контрастным почвенно-климатическим условиям является одним из наиболее эффективных и экологических способов повышения урожайности картофеля, повышения рентабельности и качества конечного продукта. Исследовали особенности формирования продуктивности у растений картофеля перспективных сортов отечественной селекции в условиях Республики Татарстан. Растения выращивали без применения орошения. Для оценки адаптивности и стабильности применяли метод Кильчевского и Хотылевой и метод биplot-анализа. По селекционной ценности генотипа выделились сорта селекции Татарского НИИСХ – Самба и Кортни, а также сорта селекции Ленинградского НИИСХ – Чароит и Ломоносовский. При помощи метода GGE biplot анализа установлено, что наибольшей близостью к «идеальному генотипу» по признаку продуктивности отличался сорт Самба ( $X_{sr} = 0,64$  кг/куст), что характеризовало его как высокопродуктивный с высокой стабильностью данного признака. Хорошей отзывчивостью на улучшение условий выращивания отличались сорта Вымпел ( $X_{sr} = 0,53$  кг/куст), Метеор ( $X_{sr} = 0,49$  кг/куст) и Чароит ( $X_{sr} = 0,54$  кг/куст). Высокой устойчивостью к неблагоприятным факторам среды отличался сорт Кортни ( $X_{sr} = 0,54$  кг/куст). В засушливых условиях наиболее успешными являлись сора, продуктивность, которых зависела, преимущественно, от средней массы клубня – Самба и

Кортни. В условиях 2017 г., с более благоприятными показателями увлажненности, выделились сорта, среди которых присутствовали генотипы, продуктивность которых складывалась за счёт большого количества клубней: Чаронт, Вымпел, Метеор, Ломоносовский, Самба.

**Ключевые слова:** картофель, продуктивность, дисперсионный анализ, адаптивность, стабильность, GGE-biplot анализ.

## 1. Введение

Одним из определяющих факторов повышения урожайности картофеля, повышения рентабельности и качества конечного продукта является наличие сортов, которые способны наиболее полно реализовать свой генетический потенциал в разнообразных почвенно-климатических условиях. Выбор подходящего сорта является наименее затратным, наиболее доступным и безопасным для окружающей среды средством повышения урожайности. Исторически сложилось, что в России основной сектор производства картофеля сосредоточен в зоне рискованного земледелия. В последние годы на территории Российской Федерации наиболее востребованными являлись сорта картофеля зарубежной селекции. В то же время, для обеспечения потребителя качественной продукцией и развития экономики страны, актуальной задачей является выявление сортов отечественной селекции, отвечающих требованиям потребителей, способных конкурировать с лидерами рынка.

Для большей части территории России, где возделывается картофель, характерен короткий вегетационный период, что ограничивает использование высокопродуктивных среднепоздних, поздних и очень поздних сортов. В условиях континентального климата теплый сезон непродолжительный, часто сопровождается высокой температурой воздуха, отсутствием или неравномерностью выпадения осадков. Таким образом, к сорту предъявляются особые требования не только по уровню урожайности, но и по генетически опосредованной способности адаптироваться к контрастным почвенно-климатическим условиям [1].

Целью данной работы являлась оценка адаптивности отечественных сортов картофеля по компонентам продуктивности в условиях Республики Татарстан.

## 2. Материалы и методы исследования

В рамках эколого-географического испытания перспективных сортов отечественной селекции проведена оценка 31 образца новых перспективных отечественных сортов картофеля в условиях лесостепной зоны Среднего Поволжья. Исследованные в работе сорта представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень исследуемых сортов с указанием оригинатора

№ п/п	Сорт	Оригинатор
1	Самба	ФГБУН Казанский научный центр РАН ТатНИИСХ
2	Сальса	ФГБУН Казанский научный центр РАН ТатНИИСХ
3	Зумба	ФГБУН Казанский научный центр РАН ТатНИИСХ
4	Великан	ФГБНУ ВНИИКХ
5	Вымпел	ФГБНУ ВНИИКХ
6	Голубизна	ФГБНУ ВНИИКХ
7	Жуковский ранний	ФГБНУ ВНИИКХ
8	Ильинский	ФГБНУ ВНИИКХ
9	Импала	ФГБНУ ВНИИКХ
10	Ирбитский	Уральский НИИСХ
11	Колобок	ФГБНУ ВНИИКХ
12	Кортни	ФГБУН Казанский научный центр РАН ТатНИИСХ
13	Крепыш	ФГБНУ ВНИИКХ
14	Кузнечанка	ФГБУН "СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР АГРОБИОТЕХНОЛОГИЙ РАН"
15	Ломоносовский	ЛенНИИСХ
16	Любава	ФГБНУ «ВНИИ картофельного хозяйства им. А.Г. Лорха» Кемеровский филиал ФГБУН «Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН»
17	Люкс	ФГБУН ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «КОМИ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РАН» ООО «АГРОФИРМА КРИММ» ООО «КАРТОФЕЛЬ» СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛ
18	Матушка	ФГБНУ «ПЕНЗЕНСКИЙ НИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА»
19	Метеор	ФГБНУ ВНИИКХ
20	Накра	ФГБНУ ВНИИКХ
21	Невский	ФГБНУ ВНИИКХ
22	Никулинский	ФГБНУ ВНИИКХ
23	Регги	ФГБУН Казанский научный центр РАН ТатНИИСХ

Окончание таблицы 1 – Перечень исследуемых сортов с указанием оригинатора

№ п/п	Сорт	Оригинатор
24	Русский сувенир	ФГБНУ «ПЕНЗЕНСКИЙ НИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА» ФГБНУ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР КАРТОФЕЛЯ ИМЕНИ А.Г. ЛОРХА»
25	Сударыня	ЛенНИИСХ
26	Танго	ФГБУН Казанский научный центр РАН ТатНИИСХ
27	Тулеевский	НИИ картофелеводства Кемеровской области
28	Удача	ФГБНУ ВНИИКС
29	Фаворит	ФГБНУ ВНИИКС
30	Фиолетик	ФГБНУ ВНИИКС
31	Чароит	ООО «Лига»

Исследования проводили в с. Большие Кабаны Лаишевский район Республики Татарстан. Почва опытного участка серая лесная, тяжелосуглинистая. Содержание гумуса 3,0-3,5%, щелочногидролизующего азота – 100-122,5 мг/кг, фосфора (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) – 290-295 мг/кг, калия (K<sub>2</sub>O) – 80-100 мг/кг (по Кирсанову), сумма поглощенных оснований – 20-21 мг-экв/100 г почвы. Посадка проводилась в III декаде мая. Уборка – I декада сентября. Фон удобрений – N25P55K55S4. Внесение удобрений допосевное, способ заделки разбросной. С целью защиты клубней до всходов и растений картофеля во время вегетации при нарезке гребней дно борозды опрыскивали инсекто-фунгицидным протравителем Идикум (3 л/га). Орошение не применялось.

Количество растений на делянке 20 шт. Схема посадки 0,75 x 0,27 см. Площадь питания одного растения 0,2 м<sup>2</sup>. Площадь делянки 4 м<sup>2</sup>. Способ размещения делянок на опытном участке – шахматный.

Технологию выращивания картофеля применяли общепринятую для региона. Посадку проводили в нарезанные борозды двух рядной клоновой сажалкой. Для закладки питомника использовали по 20 клубней каждого сорта в трёхкратной повторности. Уборку делянок проводили при помощи 1-рядного картофелекопателя. учёт урожайности проводился в соответствии с рекомендациями, представленными в работе [2].

Перед посадкой проводили боронование (закрытие влаги), вносили удобрения в разброс, проводили культивацию почвы на глубину 15-20 см, фрезерование и нарезку борозд. Междурядную обработку проводили через 7 дней после посадки. Для защиты против сорной растительности применяли однократную допосевную обработку гребней гербицидом Лазурит СП (1 кг/га). Развитие грибных болезней контролировали при помощи препаратов Метакил СП, вдг (2,5 кг/га, фаза бутонизации), Манкоцеб (1,4 кг/га) и Зумер КС (0,4 л/га, фаза накопления урожая).

Исследование проводили в течение 4х вегетационных периодов. Климатические условия, как свойственно средневолжскому региону, сложились контрастные (рис. 1). Наилучшие климатические условия наблюдались в 2017 году. В 2019 году наблюдался дефицит влаги в период роста растений и закладки клубней. Наиболее засушливым был 2016 г. Условия вегетационного периода 2018г. отличались лишь немного большим количеством осадков.

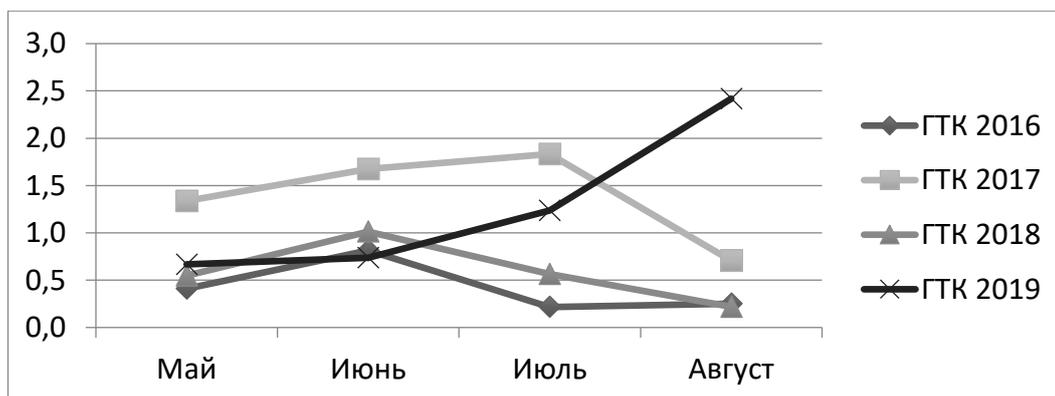


Рис. 1 – Гидротермический коэффициент увлажнения Г.Т. Селянинова (ГТК)

Примечание: вегетационные периоды 2016-2019 гг.

Изучение генотип-средового взаимодействия методом А.В.Кильчевского и Л.В.Хотылевой проводили согласно работе [3]. Изучение генотип-средового взаимодействия методом GGE-biplot анализа проводили с использованием пакета GGEBiplots для языка программирования R [4], [5].

### 3. Результаты и обсуждение

По результатам эколого-географического испытания проведено сравнительное изучение характера формирования продуктивности 31 образца новых перспективных отечественных сортов картофеля в условиях лесостепной зоны Среднего Поволжья в течение четырех лет исследования (2016-2019 гг.).

Продуктивность растений картофеля является интегральным показателем ценности генотипа, его адаптированности к условиям выращивания и отзывчивости на улучшение условий. Признак продуктивности исследуемых сортов варьировал в диапазоне от 0,1 кг/раст. в 2019 г. (сорт Кузнечанка) до 0,9 кг/раст. в 2017г (сорт Чароит). Наибольшие

значения признака отмечались в 2017 г. (0,2 – 0,9 кг/раст.), наименьшие – в 2018 г. (0,1 – 0,4 кг/раст.). Наибольший размах вариации признака наблюдался в 2016 г. (0,1 – 0,86 кг/раст.).

Для оценки достоверности и силы влияния факторов на формирование продуктивности и ее компонентов растений картофеля был проведен двухфакторный дисперсионный анализ (табл. 2). Вследствие значительной изменчивости условий выращивания в зависимости от года влияние среды было наибольшим и определяло до 90% вариации признака. Сила влияния «генотипа» на формирование признака продуктивности составляла до 6%, что более чем в два раза меньше значения, полученного в работе [6]. Взаимодействие факторов оказывало влияние на 2% вариации признака.

Таблица 2 – Результаты дисперсионного анализа формирования признака продуктивности перспективных сортов отечественной селекции в течение 4-х лет исследования

	SS (кг/куст)	Степень свободы (кг/куст)	MS (кг/куст)	F (кг/куст)	P (кг/куст)	$\eta^2$ (кг/куст)
Фактор «Среда»	11,79	3,00	3,93	110,28	0,00*	90,87
Фактор «Генотип»	7,86	30,00	0,26	7,35	0,00*	6,06
Взаимодействие факторов «Среда»*«Генотип»	8,75	90,00	0,10	2,73	0,00*	2,25
Остаточная вариация	8,77	246,00	0,04	–	–	–

Примечание: \* – результат достоверен при уровне значимости 0,1%

Согласно проведенному дисперсионному анализу, влияние взаимодействия генотипа и среды на формирование признака продуктивности являлось достоверным, что дало основания для применения метода А.В. Кильчевского и Л.В. Хотылевой [3] с целью оценки адаптивности и стабильности изучаемых сортов (табл. 3).

Таблица 3 – Оценка адаптивности и стабильности перспективных сортов отечественной селекции по признаку продуктивности при помощи метода А.В. Кильчевского и Л.В. Хотылевой

	$X_i$	$OAC_i (v_i)$	$\sigma^2(GxE)_{gi}$	$\sigma^2_{CAC_i}$	$s_{gi}$	$СЦГ_i$
Самба	0,64	0,23	0,32	0,34	91	0,33
Кортни	0,54	0,13	0,23	0,23	88	0,28
Ломоносовский	0,52	0,11	0,21	0,24	94	0,26
Чароит	0,54	0,13	0,24	0,29	100	0,25
Вымпел	0,53	0,11	0,22	0,27	98	0,24
Метеор	0,49	0,07	0,18	0,22	97	0,23
Фаворит	0,42	0,00	0,14	0,16	96	0,20
Матушка	0,34	-0,07	0,08	0,08	85	0,18
Никулинский	0,33	-0,08	0,08	0,08	84	0,18
Сударыня	0,38	-0,03	0,12	0,14	100	0,17
Люкс	0,36	-0,06	0,11	0,13	102	0,16
Фиолетовый	0,26	-0,16	0,05	0,06	91	0,13
Русский Сувенир	0,25	-0,16	0,05	0,05	89	0,13
Кузнечанка	0,27	-0,14	0,07	0,09	110	0,11

Примечание:  $X_i$  – среднее значение,  $OAC_i (v_i)$  – общая адаптивная способность,  $\sigma^2(GxE)_{gi}$  – взаимодействие генотипа и среды,  $\sigma^2_{CAC_i}$  – специфическая адаптивная способность,  $s_{gi}$  – относительная стабильность генотипа,  $СЦГ_i$  – селекционная ценность генотипа

В условиях Республики Татарстан по селекционной ценности генотипа выделились сорта селекции Татарского НИИСХ Самба и Кортни, а также сорта селекции Ленинградского НИИСХ Чароит и Ломоносовский (табл. 3). У данных образцов показано сочетание высокой отзывчивости на изменения условий выращивания и высокой относительной стабильности генотипа ( $s_{gi}$ ). Сочетание высоких значений показателей адаптивности и стабильности выделяет сорта как перспективные для использования в производстве.

Метод GGE biplot анализа является удобным инструментом для визуального ранжирования и одновременной оценки сортов по продуктивности и стабильности в нескольких средах и существенно облегчает задачу выявления ценных генотипов [5], [7], [8], [9]. Компоненты 1 и 2 объяснили 79% вариации признака, что сопоставимо с результатами, полученными в работе [10]. Из графика ранжирования генотипов, представленного на рисунке 2, видно, что наибольшей близостью к идеальному генотипу по признаку продуктивности отличался сорт Самба, что характеризовало его как высокопродуктивный с высокой стабильностью данного признака. Данный сорт также имел высокую стабильность и высокие значения признака продуктивности и в засушливых, и в благоприятных условиях выращивания и наибольшее среднее значение признака. Хорошей отзывчивостью на улучшение условий выращивания отличались сорта Вымпел ( $X_{ср} = 0,53$  кг/куст), Метеор ( $X_{ср} = 0,49$  кг/куст) и Чароит ( $X_{ср} = 0,54$  кг/куст). Высокой устойчивостью к неблагоприятным факторам среды отличался сорт Кортни ( $X_{ср} = 0,54$  кг/куст).

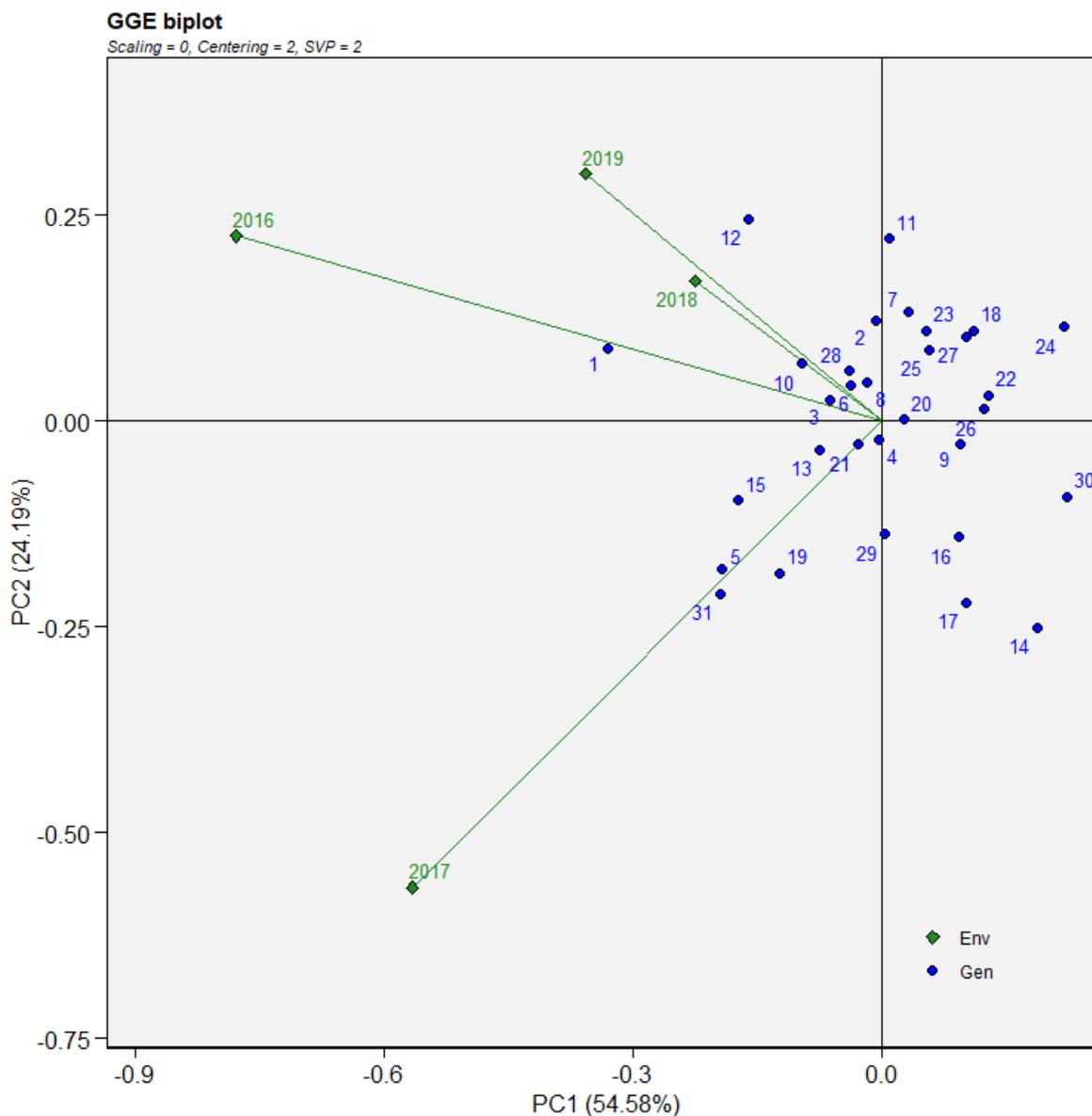


Рис. 2 – Влияние генотип-средового взаимодействия на формирование признака продуктивности (кг/куст) у перспективных сортов отечественной селекции

Примечание: наименования образцов представлены в таблице 1

Продуктивность растения картофеля складывается из количества сформированных клубней и их массы. Для оценки достоверности влияния факторов среды, генотипа и их взаимодействия на формирование количества клубней был проведён двухфакторный дисперсионный анализ (табл. 4). Согласно результатам дисперсионного анализа количество формируемых клубней в меньшей степени зависело от влияния сорта и взаимодействия факторов – и в большей зависело от влияния условий выращивания.

Таблица 4 – Результаты двухфакторного дисперсионного анализа количества клубней, формируемых одним растением, у перспективных сортов отечественной селекции в течение 4-х лет исследования

	SS (шт./раст.)	Степень свободы (шт./раст.)	MS (шт./раст.)	F (шт./раст.)	p (шт./раст.)	$\eta^2$ (шт./раст.)
Фактор «Среда»	2894	3	965	153,46	0,00*	97
Фактор «Генотип»	470	30	16	2,49	0,00*	2
Взаимодействие факторов «Среда»*«Генотип»	800	90	9	1,41	0,02*	1
Остаточная вариация	1534	244	6	–	–	–

Примечание: \* – результат достоверен при уровне значимости 0,1%

Количество клубней в исследуемые годы варьировало от 2 шт./раст. в 2018 г. до 18 шт./раст. в 2016 г. Условия среды в 2018 г. отличались наименьше дифференцирующей способностью (рис. 3), как и наименьшим средним значением

данного признака вследствие последствия почвенного гербицида, который применялся на культуре предшественнике (ячмень).

По количеству клубней (от 6 в 2018 г. до 18 шт./раст. в 2016 г.) и стабильности данного признака наибольшей близостью к «идеальному» генотипу отличался сорт Ильинский. При этом средняя масса клубня данного сорта являлась низкой и варьировала в пределах 31 – 48 г., вследствие чего продуктивность сорта была не высокой ( $X_{\text{ср}} = 0,41$  кг/куст).

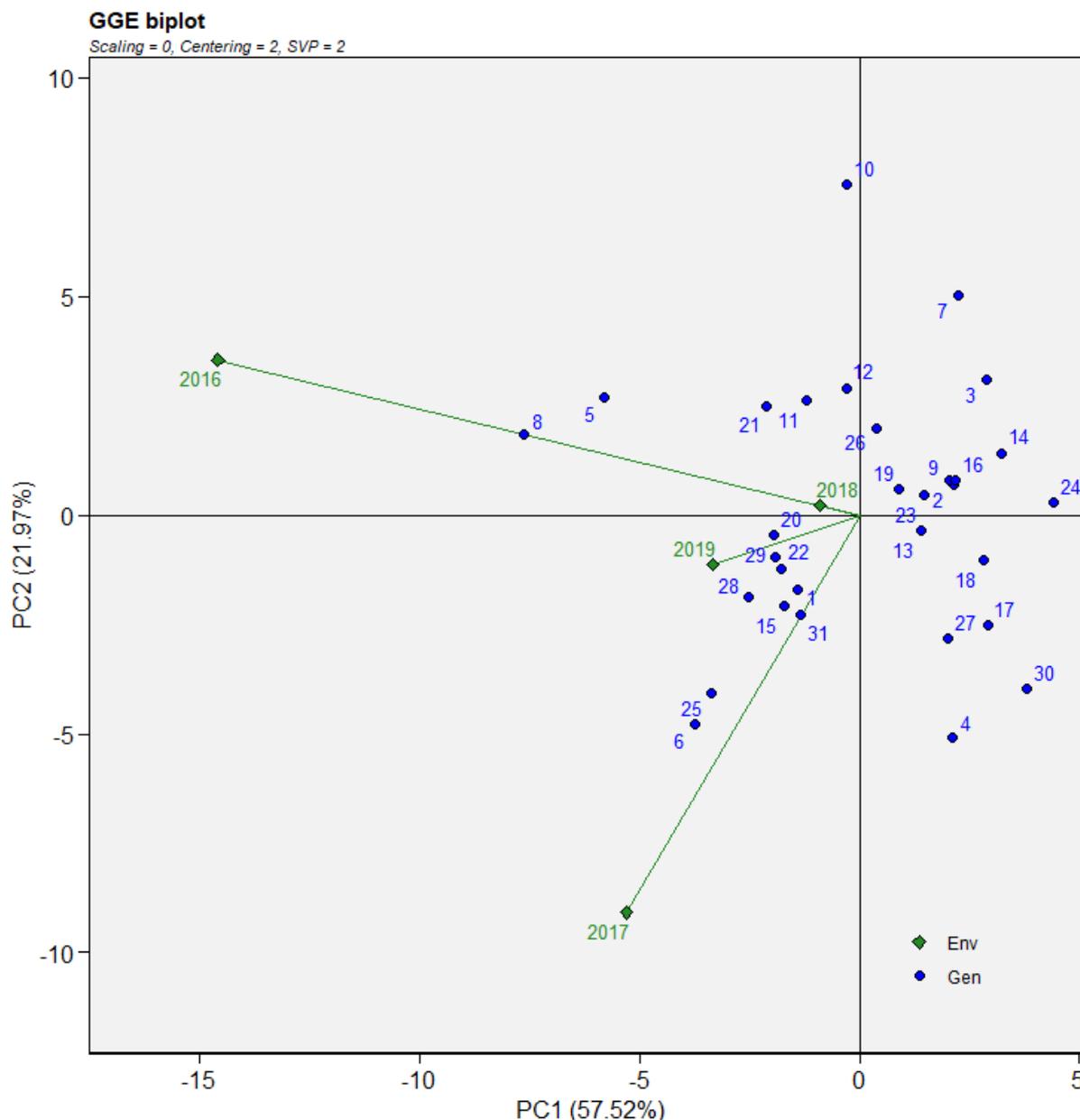


Рис. 3 – Влияние генотип-средового взаимодействия на количество клубней, формируемых одним растением (шт./раст.) у перспективных сортов отечественной селекции  
Примечание: наименования образцов представлены в таблице 1

Примечательным из изучаемых сортов по признаку количества формируемых клубней является сорт Невский, который продолжительное время имел популярность у производителей картофеля благодаря стабильности данного признака. Из графика «кто-где-победил» видно, что сорта Вымпел и Ильинский имеют сходный с сортом Невский характер взаимодействия генотипа и среды, однако превосходят данный сорт по среднему количеству клубней, формируемых одним растением.

Согласно результатам дисперсионного анализа средняя масса клубня в большей степени зависела от влияния генотипа и генотип-средового взаимодействия, чем продуктивность и количество клубней – сила влияния данных факторов составляла 8% и 3%, соответственно (табл. 5). Климатические условия отвечали за 88% вариации признака.

Таблица 5 – Результаты двухфакторного дисперсионного анализа средней массы клубня у перспективных сортов отечественной селекции в течение 4-х лет исследования

	SS (шт./раст.)	Степень свободы (шт./раст.)	MS (шт./раст.)	F (шт./раст.)	P (шт./раст.)	$\eta^2$ (шт./раст.)
Фактор «Среда»	48214	3	16071	112	0,00*	88
Фактор «Генотип»	42148	30	1405	10	0,00*	8
Взаимодействие факторов «Среда»*«Генотип»	56818	90	631	4	0,00*	3
Остаточная вариация	35129	244	144	–	–	–

Примечание: \* – результат достоверен при уровне значимости 0,1%

Средняя масса клубня изучаемых сортов варьировала от 26 г в 2017 до 131 г в 2019 г. Наиболее благоприятным для набора большой массы клубня являлся 2019 г. Данная среда отличалась и наибольшей дифференцирующей способностью по признаку средней массы клубня.

По признаку средней массы клубня наибольшей дифференцирующей способностью отличались условия 2019 года по причине выпадения большого количества осадков в период роста клубней (рис. 4). Признак варьировал от 29 г до 131 г. По причине неравномерного распределения влаги в периоды закладки, роста и развития клубней, распределение сортов по «мега средам» различалось по признакам средней массы клубня и количества клубней.

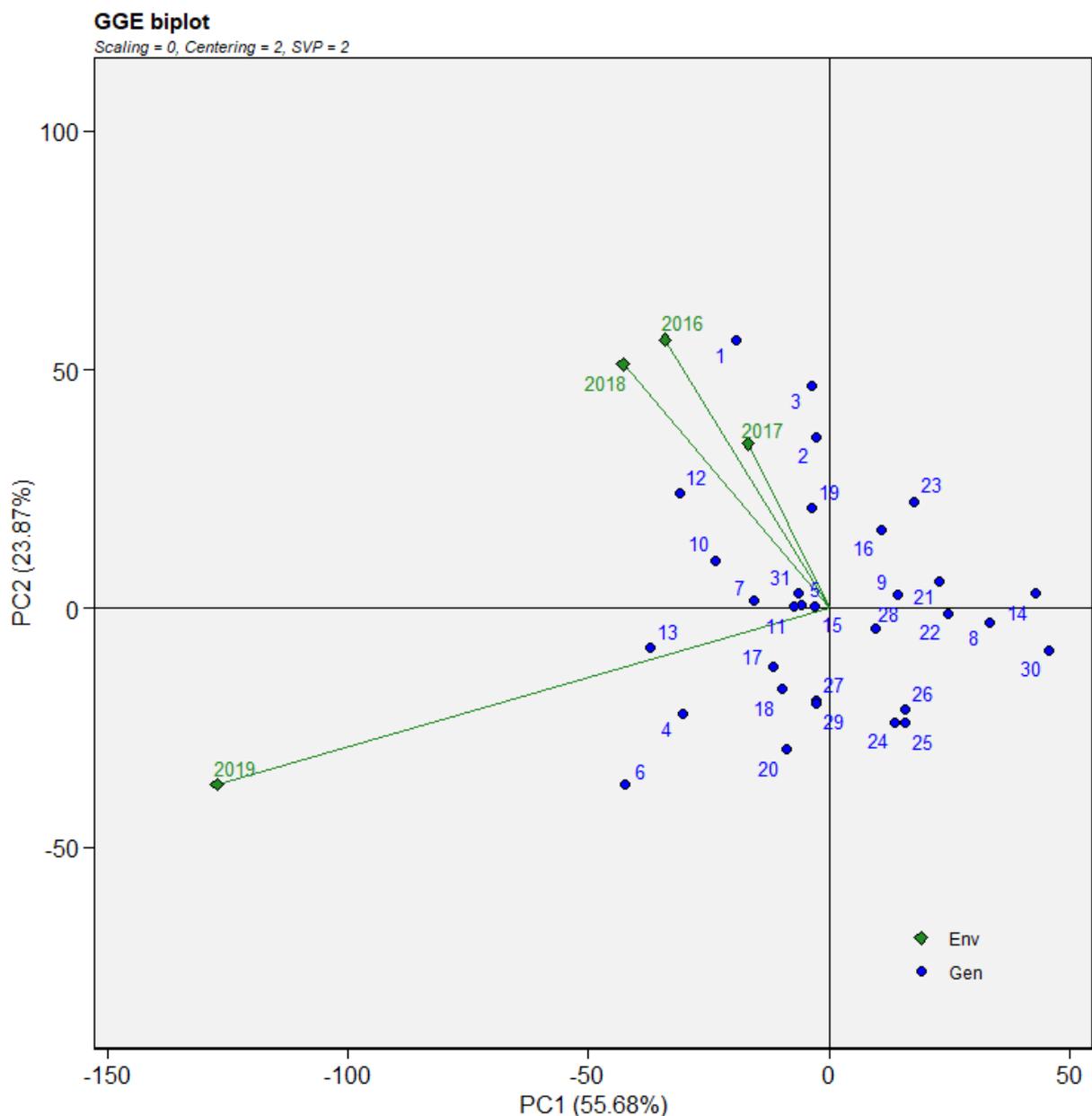


Рис. 4 – Влияние генотип-средового взаимодействия на формирование средней массы клубня(г) у перспективных сортов отечественной селекции

Примечание: наименования образцов представлены в таблице 1

Сорта селекции Татарского НИИСХ формировали сравнительно высокую массу клубня (от 27 г в 2016 г. (сорт Танго) до 100 г в 2019 г. (сорт Кортни)). Наиболее стабильно высокими значениями признака и наибольшей близостью

к «идеальному генотипу» отличался сорт Кортни. Наибольшее среднее значение среди всех изученных сортов было установлено у сорта Самба (76 г).

Метод GGE biplot позволяет сравнить генотипы по вкладу компонентов продуктивности в её формирование. На рисунке 3 представлены графики распределения сортов относительно компонентов продуктивности в исследуемые года. В 2018 и 2019 гг. наблюдалось смещение распределения сортов в сторону массы клубня. Это говорит о том, что в условиях данных лет продуктивность формировалась преимущественно за счёт накопления массы клубня. Индивидуальная реакция генотипов отличалась от общей тенденции. Сорта лидеры по продуктивности не одинаково распределялись по компонентам продуктивности в зависимости от года.

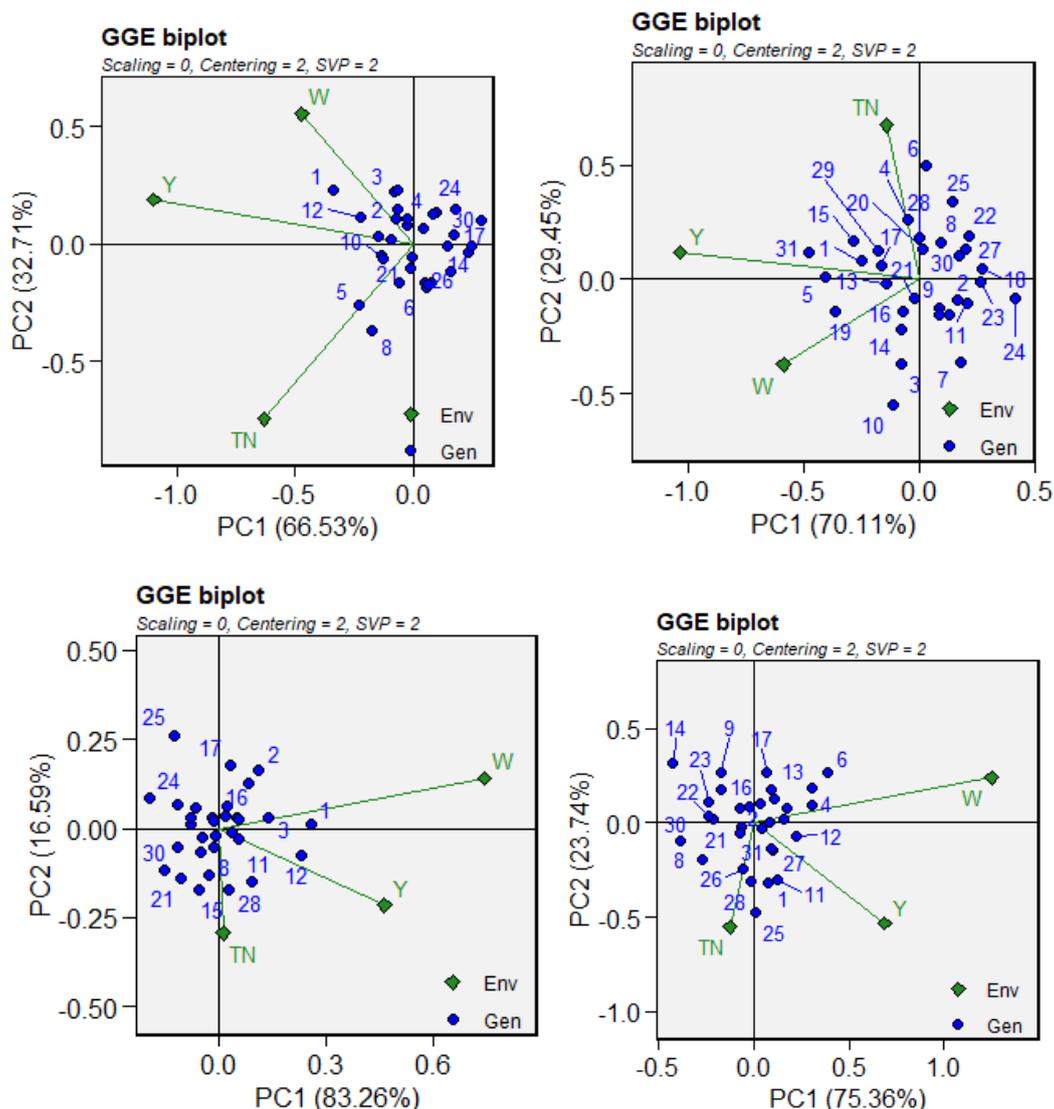


Рис. 5 – Формирование признака продуктивности и его компонентов в зависимости условий выращивания у перспективных сортов отечественной селекции

Примечание: наименования образцов представлены в таблице 1

В целом, сорта Самба, Кортни, Чароит формировали продуктивность преимущественно за счёт высокой массы клубня (значение данного признака варьировало у данных сортов от 45 г (сорт Чароит) до 100 г (сорт Кортни)). Сорта Ильинский, Вымпел, Сударыня, Удача, Невский, формировали продуктивность преимущественно за счёт большого количества клубней.

В различных климатических условиях формирование продуктивности и её компонентов у изучаемых сортов имело неодинаковый паттерн. У сорта Самба продуктивность была сформирована преимущественно за счёт высокой массы клубня в 2016 (79 г) и 2018 гг. (91 г). В 2019 г. продуктивность данного сорта формировалась преимущественно за счёт количества клубней (9 шт./раст.). В 2017 г. формирование признака продуктивности для данного сорта в равной степени зависело и от средней массы клубня, и от количества формируемых клубней. В целом, сорт Самба отличался стабильно высокими значениями как признака массы клубня, так и количества формируемых клубней (рис.2, 4, 5)

Сорт Кортни формировал продуктивность преимущественно за счёт высокой средней массы клубня, однако, в благоприятных условиях, данная стратегия оказалась неэффективна – продуктивность данного сорта в благоприятных условиях 2017 г. составила 0,47 кг/раст. и была в два раза меньше максимального значения для изучаемых сортов в данном году (0,88 кг/раст. у сорта Чароит).

Высокое количество клубней вносило неодинаковый вклад в формирование признака продуктивности в зависимости от условий выращивания и сорта. Так, сорта Удача и Сударыня имели преимущество в условиях 2019 года с засухой в начале вегетации и более высоким ГТК в период роста клубней в июле-августе.

### 3. Заключение

В агроклиматических условиях региона среднего Поволжья основным лимитирующим фактором среды является количество осадков, выпадающих в критические для развития картофеля периоды. Для фермерских хозяйств, не применяющих орошение, использование сортов, способных выдерживать давление данного средового фактора, являются основой получения урожая. Наиболее репрезентативными для региона являлись условия 2016-го года. Векторы сред 2018 и 2019 гг также находились под острым углом к средней линии сред, что говорит о близости условий данных лет к наиболее репрезентативным условиям. Вегетационные сезоны данных лет характеризовались низким гидротермическим коэффициентом, отражающим засушливость условий, характерную для большей части вегетационных сезонов в Приволжском регионе. В данных условиях наиболее успешными являлись сора, продуктивность которых зависела преимущественно от массы клубня – Самба и Кортни. В условиях 2017 г., с более благоприятными показателями увлажненности, выделились сорта, среди которых присутствовали генотипы, продуктивность которых складывалась за счёт большого количества клубней: Чароит, Вымпел, Метеор, Ломоносовский, Самба.

#### Conflict of Interest

None declared.

#### Конфликт интересов

Не указан.

#### References

1. Добруцкая Е.Г. Экологическая роль сорта в XXI веке / Е.Г. Добруцкая, Пивоваров Е.Ф. // Селекция и семеноводство. — 2000. — № 1. — С. 3–5.
2. Симаков Е.А. Методические указания по технологии селекционного процесса картофеля / Е.А. Симаков, Н.П. Склярова, И.М. Яшина. — М.: Редакция журнала «Достижения науки и техники АПК», 2006.
3. Кильчевский А.В. Метод оценки адаптивной способности и стабильности генотипов [растений], дифференцирующей способности среды. Сообщение 1. Обоснование метода / А.В.Кильчевский, Л.В.Хотылева // Генетика. — 1985. — Т. 21, No. 9. — С. 1481-1490.
4. Ihaka R. A language for data analysis and graphics. / R. Ihaka, R. R. Gentleman // Journal of Computational and Graphical Statistics. — No. 5(3). — P. 299-314. — 1996.
5. Yan W. Biplot analysis of multi-environment trial data: Principles and applications / W. Yan, N. A. Tinker // Can. J. Plant Sci. — No. 86. — 2006. — P. 623–645. — DOI: 10.4141/P05-169
6. Бакунов А.Л. Анализ гибридного материала по параметрам адаптивности и стабильности для создания новых сортов картофеля в Средневолжском регионе / А.Л. Бакунов, А.В. Милехин, Н.Н. Дмитриева [и др.] // Защита картофеля. — №1. — 2015. — С. 19-21.
7. Yan W. GGE Biplot vs. AMMI Analysis of Genotype-by-Environment Data / W. Yan, M. S. Kang, B. Ma [et al.] // Crop science. — Vol. 47. — 2007. — P. 641-653.
8. Пономарёв С.Н. Оценка фенотипической стабильности сортов озимой тритикале по урожайности зерна методом биplot-анализа / С.Н. Пономарёв, М.Л. Пономарёва, М.Ш. Тагиров // Земледелие. — № 8. — 2018. — С. 34–38. — DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10810
9. Solonechnyi P. GGE biplot analysis of genotype by environment interaction of spring barley varieties / P. Solonechnyi, N. Vasko, A. Naumov [et al.] // Zemdirbyste-Agriculture. — Vol. 102, No. 4. — 2015. — P. 431–436. — DOI: 10.13080/z-a.2015.102.055
10. Gedif M. Genotype by Environment Interaction Analysis for Tuber Yield of Potato (*Solanum tuberosum* L.) Using a GGE Biplot Method in Amhara Region, Ethiopia / M. Gedif, D. Yigzaw // Agricultural Sciences. — 2014. — No. 5. — P. 239-249. — DOI: 10.4236/as.2014.54027

#### References in English

1. Dobrutskaya E.G. Ekologicheskaya rol' sorta v XXI veke [Ecological role of the variety in the XXI century] / Dobrutskaya E.G., Pivovarov E.F. // Selekcija i semenovodstvo [Breeding and seed production]. — 2000. — No. 1. — P. 3–5 [in Russian]
2. Simakov E.A. Metodicheskie ukazaniya po tekhnologii selekcionnogo processa kartofelya [Guidelines for the technology of the potato breeding process] / E.A. Simakov, N.P. Sklyarova, I.M. Yashina. — M.: Editorial office of the journal "Achievements of science and technology of the agro-industrial complex", 2006 [in Russian]
3. Kilchevsky A.V. Metod ocenki adaptivnoj sposobnosti i stabil'nosti genotipov [rastenij], differenciruyushej sposobnosti sredy. Soobshchenie 1. Obosnovanie metoda [Method for assessing the receptive ability and stability of genotypes [of plants], the differentiating ability of the environment. Message 1. Justification of the method] / A.V. Kilchevsky, L.V. Khotyleva // Genetika [Genetics]. — 1985. — Vol. 21, No. 9. — P. 1481-1490 [in Russian]
4. Ihaka R. A language for data analysis and graphics / R. Ihaka, R. R. Gentleman // Journal of Computational and Graphical Statistics. — No. 5(3). — P. 299-314. — 1996.
5. Yan W. Biplot analysis of multi-environment trial data: Principles and applications / W. Yan, N. A. Tinker // Can. J. Plant Sci. — No. 86. — 2006. — P. 623–645. — DOI: 10.4141/P05-169
6. Bakunov A.L. Analiz gibridnogo materiala po parametram adaptivnosti i stabil'nosti dlya sozdaniya novyh sortov kartofelya v Srednevolzhskom regione [Analysis of a hybrid material on parameters of ecological plasticity and stability for

creation of new potato varieties in Middle Volga region] / A.L. Bakunov, A.V. Milekhin, N.N. Dmitrieva [et al.] // *Zashchita kartofelya* [Potato protection]. — No. 1. — 2015. — P. 19-21 [in Russian]

7. Yan W. GGE Biplot vs. AMMI Analysis of Genotype-by-Environment Data / W. Yan, M. S. Kang, B. Ma [et al.] // *Crop science*. — Vol. 47. — 2007. — P. 641-653

8. Ponomarev S.N. Ocenka fenotipicheskoy stabil'nosti sortov ozimoy tritikale po urozhajnosti zerna metodom biplot-analiza [Evaluation of the phenotypic stability of winter triticale varieties by grain yield by biplot analysis] / S.N. Ponomarev, M.L. Ponomaryova, M.Sh. Tagirov // *Zemledelie* [Agriculture]. — No. 8. — 2018. — P. 34–38. — DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10810 [in Russian]

9. Solonechnyi P. GGE biplot analysis of genotype by environment interaction of spring barley varieties / P. Solonechnyi, N. Vasko, A. Naumov [et al.] // *Zemdirbyste-Agriculture*. — Vol. 102, No. 4. — 2015. — P. 431–436. — DOI: 10.13080/z-a.2015.102.055

10. Gedif M. Genotype by Environment Interaction Analysis for Tuber Yield of Potato (*Solanum tuberosum* L.) Using a GGE Biplot Method in Amhara Region, Ethiopia / M. Gedif, D. Yigzaw // *Agricultural Sciences*. — 2014. — No. 5. — P. 239-249. — DOI: 10.4236/as.2014.54027