

Научная статья  
УДК 635.152:631.82  
doi: 10.55196/2411-3492-2024-2-44-34-40

## Продуктивность сахарной кукурузы при различном фоне минерального питания с использованием стимуляторов роста растений

**Залим-Гери Султанович Шибзухов**

Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В.М. Кокова, проспект Ленина, 1в, Нальчик, Россия, 360030  
konf07@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9765-5633>

**Аннотация.** В условиях Кабардино-Балкарской республики сахарная кукуруза считается относительно новой культурой. Тем не менее, до сих пор нет единой оптимизированной технологии ее возделывания. В связи с этим нами поставлена цель: оптимизировать технологию выращивания сахарной кукурузы и повысить ее продуктивность с помощью универсальных стимуляторов, зарекомендовавших себя при производстве зерновых и овощных культур. В ходе полевого эксперимента было установлено воздействие стимуляторов на фоне внесения минеральных удобрений. При каждом варианте рекомендуемых доз минерального питания использовали стимуляторы и изучали их действие на показатели продуктивности сахарной кукурузы. При недостаточной интенсификации продуктивность сахарной кукурузы может снизиться на 60 и более процентов. В наших опытах продуктивность кукурузы различалась и зависела от фона минерального питания и применения стимуляторов. Действие стимуляторов на продуктивность растений показывала положительную динамику. Масса одного початка на контрольном варианте (вода) была наименьшей, но от действия стимуляторов наблюдался существенный прирост показателей продуктивности. Применение удобрений и стимуляторов позволили существенно увеличить рост продуктивности сахарной кукурузы. Также нами были проведены опыты по определению выхода зерна с початка. Этот показатель один из важных при формировании урожайности продукции. Максимальные значения также достигали при повышенном фоне минерального питания с применением Альфастим 88,7%. Изучаемые препараты прекрасно себя зарекомендовали при разных фонах минерального питания. Наиболее эффективным препаратом в опытах был Альфастим. Использование этого препарата лучше всех на растениях сахарной кукурузы повышает продуктивность и выход зерна на любом фоне минерального питания.

**Ключевые слова:** сахарная кукуруза, микробиологические препараты, продуктивность, диаметр початка, выход зерна

**Для цитирования.** Шибзухов З.-Г.С. Продуктивность сахарной кукурузы при различном фоне минерального питания с использованием стимуляторов роста растений // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета имени В. М. Кокова 2024. № 2(44). С. 34–40.  
doi: 10.55196/2411-3492-2024-2-44-34-40

Original article

## Productivity of sweet corn under different backgrounds of mineral nutrition using plant growth stimulants

**Zalim-Geri S. Shibzukhov**

Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, 1v Lenin Avenue, Nalchik, Russia, 360030  
konf07@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9765-5633>

**Abstract.** In the conditions of the Kabardino-Balkarian Republic, sweet corn is considered a relatively new crop. However, there is still no single optimized technology for its cultivation. In this regard, we have set a goal: to optimize the technology for growing sweet corn and increase its productivity with the help of universal stimulants that have proven themselves in the production of grain and vegetable crops. During a field experiment, the effect of stimulants was established against the background of the application of mineral fertilizers. For each variant of the recommended doses of mineral nutrition, stimulants were used and their effect on the productivity of sweet corn was studied. With insufficient intensification, sweet corn productivity can drop by 60 percent or more. In our experiments, the productivity of corn varied and depended on the background of mineral nutrition and the use of stimulants. The effect of stimulants on plant productivity showed positive dynamics. The weight of one cob in the control variant (water) was the smallest, but a significant increase in productivity indicators was observed from the action of stimulants. The use of fertilizers and stimulants has significantly increased the productivity of sweet corn. We also conducted experiments to determine the yield of grain from the cob. This indicator is one of the important ones in determining product yield. The maximum values were also reached with an increased background of mineral nutrition with the use of Alfastim 88.7%. The studied drugs have proven themselves to be excellent under different backgrounds of mineral nutrition. The most effective drug in the experiments was Alfastim. The best use of this drug on sweet corn plants increases productivity and grain yield on any background of mineral nutrition.

**Keywords:** sweet corn, microbiological preparations, productivity, cob diameter, grain yield

**For citation.** Shibzukhov Z.-G.S. Productivity of sweet corn under different backgrounds of mineral nutrition using plant growth stimulants. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2024;2(44):34–40. (In Russ.). doi: 10.55196/2411-3492-2024-2-44-34-40

**Введение.** Одним из ценных овощных культур, признанной во всем мире является сахарная кукуруза.

Технология производства сахарной кукурузы отличается от кормовой или зубовидной кукурузы. Сахарную кукурузу не следует выращивать в зонах, где не предусмотрено орошение и низкая влагообеспеченность почвы [1–3]. В Кабардино-Балкарии наиболее подходящие условия для ее возделывания в предгорной зоне. В республике сахарная кукуруза считается новой культурой, хотя ее возделывают уже больше 10 лет. Тем не менее, до сих пор нет единой оптимизированной технологии ее возделывания [4–6]. В связи с этим нами поставлена цель: оптимизировать технологию выращивания сахарной кукурузы и повысить ее продуктивность с помощью стимуляторов, зарекомендовавших себя при производстве зерновых и овощных культур. В связи с этим поставлены следующие задачи:

1) изучить изменения структуры початка сахарной кукурузы в зависимости от применения минеральных удобрений, а так же стимуляторов;

2) установить продуктивность гибрида сахарной кукурузы Алина при совместном

применении минеральных удобрений и стимуляторов.

**Материалы, методы и объекты исследования.** Полевые опыты проведены в 2022–2023 гг. в хозяйстве «Юг-Агро». Агрохимические показатели опытного участка были следующими: гумуса в пахотном слое – 3,3%, общий азот – 0,28%, реакция почвенного раствора нейтральная (рН 7). Содержание подвижного фосфора составляет 15,0 мг на 100 г почвы (по Чирикову), обеспеченность обменным калием 15–17 мг на 100 г почвы (по Чирикову). По механическому составу почва относится к тяжелосуглинистым. Содержание в ней физической глины составляет 55%. Площадь делянок в полевом опыте – 100 м<sup>2</sup>. Повторность четырехкратная, расположение делянок рендомизированное.

Объектом исследования выбрали районированный гибрид сахарной кукурузы Алина. Минеральные удобрения брали из расчета рекомендуемых производителями доз: N<sub>160</sub>P<sub>60</sub>K<sub>35</sub>, N<sub>180</sub>P<sub>80</sub>K<sub>45</sub>. Использовали стимуляторы: Альфастим – 50 мл/10 л., Новосил – 30 мл/10 л., ими обрабатывали семена сахарной кукурузы перед посевом.

В ходе полевого эксперимента было установлено воздействие стимуляторов на фоне

внесения минеральных удобрений. При каждом варианте минерального питания использовали стимуляторы и изучали их действие на показатели продуктивности сахарной кукурузы.

Полевые исследования проводили по методике Доспехова Б.А.

**Результаты исследования.** Зубовидная кукуруза довольно пластичная и не прихотливая культура, чего не скажешь про сахарную кукурузу [7]. При недостаточной интенсификации продуктивность сахарной кукурузы может упасть на 60 и более процентов [8–10]. В наших опытах продуктивность кукурузы различалась и зависела от фона минерального питания и применения стимуляторов.

Данные, приведенные в таблице 1, по изучению влияния минеральных удобрений на продуктивность сахарной кукурузы показывают, что при применении минеральных

удобрений количество початков на растениях заметно увеличивается (на 1,5-2 шт./10 растений). Количество початков, как и ожидалось, было ниже на контрольном варианте без удобрений. При дозе удобрения  $N_{180}P_{80}K_{45}$  формировалось початков больше, чем при фоне  $N_{160}P_{60}K_{35}$ . Удобрения вносились дробно, часть под зяблевую вспашку (70% от общего количества) и в качестве подкормки того же состава удобрения в фазе 3-4 листьев (оставшиеся 30%).

Масса одного початка в наших опытах (в среднем 199 г.) зависела от количества початков на одном растении, где, чем початков меньше, масса была больше, а выход зерна, естественно, от массы початка. При этом надо отметить, что сахарная кукуруза на всех фонах минерального питания, при применении стимулятора Альфастим показывала наибольшую продуктивность (табл. 1).

**Таблица 1.** Продуктивность сахарной кукурузы Алина в зависимости от фона минерального питания и стимуляторов, среднее за 2022-2023 гг.

**Table 1.** Productivity of Alina sweet corn depending on the background of mineral nutrition and stimulants average for 2022-2023

Питание		Количество початков на 10 растений, шт.	Масса, г		Выход зерна, %
минеральные удобрения	стимуляторы		початка	зерна 1 початка	
Контроль	Вода	11,2	190	148	76,6
	Новосил	12,0	195	156	81,0
	Альфастим	12,9	199	157	83,7
$N_{160}P_{60}K_{35}$	Вода	11,5	190	156	82,1
	Новосил	11,9	194	157	84,3
	Альфастим	12,6	199	159	86,7
$N_{180}P_{80}K_{45}$	Вода	12,0	197	163	83,1
	Новосил	13,0	201	168	87,5
	Альфастим	13,8	208	170	88,7
НСР <sub>05</sub>		2,4	–	–	–

Действие стимуляторов на продуктивность растений показывала положительную динамику. Масса одного початка на контрольном варианте (вода) была наименьшей, но от применения стимуляторов наблюдался существенный прирост показателей продуктивности. Применение удобрений и стимуляторов позволили существенно увеличить

рост продуктивности сахарной кукурузы. Также нами были проведены опыты по определению выхода зерна с початка. Этот показатель один из важных при формировании урожайности продукции. Максимальные значения также достигали при повышенном фоне минерального питания с применением Альфастим 88,7%.

Следующим этапом наших исследований было изучение структуры початков сахарной кукурузы на фоне минерального питания и стимуляторов.

Результаты опыта показывают, что минеральные удобрения способствовали увеличению количества зерен в початке, а также увеличился диаметр початка и ее длина. Применение препаратов на контрольном варианте без удобрений способствовало увеличению длины початка на 1,5 см и диаметра початка на 0,16 см. При использовании стимуляторов совместно с минеральными удобрениями эффект был еще выше. Количество зерен в початке на первом варианте без удобрений и на воде показало результат 692 шт. На фоне  $N_{160}P_{80}K_{45}$  без препаратов 716 шт., при  $N_{180}P_{80}K_{45}$  количество достигло

722 шт. Таким образом, увеличение содержания элементов питания способствует увеличению зерен в початке.

Влияние стимуляторов было благотворным и ощутимым в исследованиях. Также препараты показали наибольшую эффективность при совместном их применении с минеральными удобрениями. Установлено, что показатели структуры початка достигали наибольших результатов в опыте в вариантах с Альфастим. Так, при максимальном фоне минерального питания масса 1000 зерен без препаратов была на уровне 228 г. Использование Новосил увеличило массу до 235 г., а максимальное значение в исследованиях получили при Альфастим и составило 267 г. (табл. 2).

**Таблица 2.** Влияние структуры початков сахарной кукурузы от минерального питания и стимуляторов, среднее за 2022-2023 гг.

**Table 2.** Effect of sweet corn cob structure from mineral nutrition and stimulants, average for 2022-2023

Питание		Длина початка, см	Диаметр початка, см	Кол-во зерен в початке, шт.	Масса 1000 зерен, г
минеральные удобрения	стимуляторы				
Контроль	Вода	17,8	4,51	692	201
	Новосил	18,9	4,65	722	215
	Альфастим	19,3	4,67	727	224
$N_{160}P_{60}K_{35}$	Вода	19,0	4,62	716	214
	Новосил	20,5	4,78	721	234
	Альфастим	22,9	4,84	734	251
$N_{180}P_{80}K_{45}$	Вода	20,5	4,69	722	228
	Новосил	22,4	4,81	741	235
	Альфастим	23,6	4,86	756	267

Снижение выхода зерна с одного початка при применении удобрений или препаратов не наблюдалось. На продуктивность зерна благотворно влияли все изучаемые препараты и минеральные удобрения. Чем выше концентрация минерального питания в опытах, тем выше показатели продуктивности сахарной кукурузы. Внесение больших доз минерального питания при возделывании пищевой кукурузы не рекомендуется, так как растения могут накапливать нитраты, поэто-

му стимуляторы призваны помочь в увеличении урожайности зерна с минимальным внесением или полным отсутствием минерального питания.

Во всех вариантах опыта Альфастим показал себя как наиболее эффективный препарат, после применения которого достигается наибольшее значение в структуре урожая сахарной кукурузы.

**Выводы.** Применение минеральных удобрений остается основой для получения

стабильно высоких урожаев зерна сахарной кукурузы. Высокие дозы минерального питания способствуют увеличению показателей структуры урожая, но нужно соблюдать осторожность и не допускать накопления нитратов. Использование стимуляторов дало хорошие результаты в наших опытах, но при совместном применении с минеральными удобрениями эффект заметно повышается. Изучаемые препараты прекрасно себя зарекомендовали при разных фонах минерального питания. Наиболее эффективным препа-

ратом в опытах был Альфастим. Использование этого препарата лучше всех на растениях сахарной кукурузы повышает продуктивность и выход зерна на любом фоне минерального питания.

Таким образом, использование стимуляторов роста растений в технологии выращивания сахарной кукурузы полностью себя оправдывает и рекомендуется для применения совместно с минеральными удобрениями в условиях предгорной зоны КБР.

### Список литературы

1. Ханиева И. М., Шогенов Ю. М., Шибзухов З.-Г.С. Урожайность гибридов кукурузы в Кабардино-Балкарии в зависимости от сортовых особенностей и сроков посева // Технологии, инструменты и механизмы инновационного развития: материалы Международной научно-практической конференции НИЦ «Поволжская научная корпорация». Самара, 2017. С. 162–164. EDN: YNBMZP
2. Шогенов Ю. М., Шибзухов З. С., Эльмесов С. Б., Виндугов Т. С. Продолжительность межфазных периодов и ростовые процессы в зависимости от приемов возделывания в условиях Кабардино-Балкарии // Научно-практические пути повышения экологической устойчивости и социально-экономического обеспечения сельскохозяйственного производства: материалы Международной научно-практической конференции, посвящённой году экологии в России. Солёное Займище, 2017. С. 344–346. EDN: ZTKHWL
3. Саболиров А. Р., Кашева К. З., Джуртубаев А. Н., Коков Т. А., Ханиева И. М. Эффективность возделывания гибридов кукурузы в зависимости от применения регуляторов роста // Абдулбасировские чтения: материалы II Республиканской научно-практической конференции. Махачкала, 2023. С. 146–152. EDN: SNHLXY
4. Ханиева И.М., Шогенов Ю.М., Балкарова Т.А. Продуктивность и качество зерна гибридов кукурузы в зависимости от препаратов роста в условиях предгорной зоны Кабардино-Балкарии // Сельскохозяйственное землепользование и продовольственная безопасность: материалы IX Международной научно-практической конференции, посвящённой памяти Заслуженного деятеля науки РФ, КБР, Республики Адыгея профессора Б. Х. Фиапшеву. Нальчик, 2023. С. 50–54. EDN: OZMLLX
5. Забаков А. Б., Джуртубаев А. Н., Бейтуганов И. Р., Бекалдиева Н. М., Коков Т. А. Разработка и внедрение инновационных технологий выращивания гибридов кукурузы в КБР // Молодые исследователи - современной России: сборник статей Международного научно-исследовательского конкурса. Петрозаводск, 2022. С. 129–136. EDN: IENHJM
6. Ханиева И. М., Шогенов Ю. М., Забаков А. Б., Джуртубаев А. Н., Коков Т. А. Эффективность применения комплексных удобрений при возделывании кукурузы в условиях предгорной зоны Кабардино-Балкарии // Наука, образование и инновации для АПК: состояние, проблемы и перспективы: материалы VII Международной научно-практической онлайн-конференции. Майкоп, 2022. С. 221–225. EDN: QGCWEN
7. Ханиева И. М., Шогенов Ю. М., Шибзухов З.-Г.С. Зависимость структуры урожая гибридов кукурузы в Кабардино-Балкарии от сортовых особенностей и обработки стимуляторами // Технологии, инструменты и механизмы инновационного развития: материалы Международной научно-практической конференции НИЦ «Поволжская научная корпорация». Самара, 2017. С. 159–162. EDN: YNBMYX
8. Бекалдиева Н. М., Тутов А. А., Забаков А. Б., Бейтуганов И. Р., Джуртубаев А. Н. Особенности применения регуляторов роста на посевах кукурузы в КБР // Мой выбор – наука: сборник статей Международного научно-исследовательского конкурса. Петрозаводск, 2022. С. 237–242. EDN: UPPKBQ
9. Шогенов Ю. М., Ханиева И. М., Бозиев А. Л., Джуртубаев А. Н., Таумурзаева Ф. Д. Действие комплексных удобрений на посевах кукурузы в предгорной зоне КБР // Наука, образование и иннова-

ции для АПК: состояние, проблемы и перспективы: материалы VII Международной научно-практической онлайн-конференции. Майкоп, 2022. С. 251–254. EDN: GGFAOA

10. Кишев А. Ю., Ханиева И. М., Бербеков К. З. Увеличение урожайности и качество зерна кукурузы при применении биопрепаратов в КБР // Экология и мелиорация агроландшафтов: перспективы и достижения молодых ученых: материалы VII Международной научно-практической конференции молодых ученых, посвященной 120-летию со дня рождения Альбенского А. В. Волгоград, 2019. С. 438–439.

## References

1. Khanieva I.M., Shogenov Yu.M., Shibzukhov Z.-G.S. Productivity of corn hybrids in Kabardino-Balkaria depending on varietal characteristics and sowing dates. *Tekhnologii, instrumenty i mekhanizmy innovatsionnogo razvitiya: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii NITS «Povolzhskaya nauchnaya korporatsiya»* [Technologies, tools and mechanisms of innovative development: materials of the International scientific and practical conference of the Volga Scientific Corporation Research Center]. Samara, 2017. Pp. 162–164. (In Russ). EDN: YNBMZP

2. Shogenov Yu.M., Shibzukhov Z.S., Elmesov S.B., Vindugov T.S. Duration of interphase periods and growth processes depending on cultivation methods in the conditions of Kabardino-Balkaria. *Nauchno-prakticheskiye puti povysheniya ekologicheskoy ustoychivosti i sotsial'no-ekonomicheskoye obespecheniye sel'skokhozyaystvennogo proizvodstva: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchonnoy godu ekologii v Rossii* [Scientific and practical ways to increase environmental sustainability and social -economic support of agricultural production: materials of the International scientific and practical conference dedicated to the year of ecology in Russia]. Solenoye Zaimishche, 2017. Pp. 344–346. (In Russ). EDN: ZTKHWL

3. Sabolirov A.R., Kasheva K.Z., Dzhurtubaev A.N., Kokov T.A., Khanieva I.M. Efficiency of cultivation of corn hybrids depending on the use of growth regulators. *Abdulbasirovskiy chteniye: materialy II Respublikanskoj nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Abdulbasirov readings: materials of the II Republican scientific and practical conferences]. Makhachkala, 2023. Pp. 146–152. (In Russ). EDN: SNHLXY

4. Khanieva I.M., Shogenov Yu.M., Balkarova T.A. Productivity and quality of grain of corn hybrids depending on growth preparations in the conditions of the foothill zone of Kabardino-Balkaria. *Sel'skokhozyaystvennoye zemlepol'zovaniye i prodovol'stvennaya bezopasnost': materialy IX Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy pamyati Zasluzhennogo deyatelya nauki RF, KBR, Respubliki Adygeya professora B. KH. Fiapshevu* [Agricultural land use and food security: materials of the IX International scientific and practical conference dedicated to the memory of the Honored Scientist of the Russian Federation, Kabardino-Balkarian Republic, the Republic of Adygea, Professor B.Kh. Fiapshev. Nalchik, 2023. Pp. 50–54. (In Russ). EDN: OZMLLX

5. Zabakov A.B., Dzhurtubaev A.N., Beytuganov I.R., Bekaldieva N.M., Kokov T.A. Development and implementation of innovative technologies for growing corn hybrids in the KBR. *Molodyye issledovateli – sovremennoy Rossii: sbornik statey Mezhdunarodnogo nauchno-issledovatel'skogo konkursa* [Young researchers – modern Russia: collection of articles of the International research competition]. Petrozavodsk, 2022. pp. 129–136. (In Russ). EDN: IEHHJM

6. Khanieva I.M., Shogenov Yu.M., Zabakov A.B., Dzhurtubaev A.N., Kokov T.A. Efficiency of using complex fertilizers when cultivating corn in the foothill zone of Kabardino-Balkaria. *Nauka, obrazovaniye i innovatsii dlya APK: sostoyaniye, problemy i perspektivy: materialy VII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy onlayn-konferentsii*. [Science, Education and Innovation for the agro-industrial complex: state, problems and prospects: materials of the VII International scientific and practical online conference]. Maykop, 2022. Pp. 221–225. (In Russ). EDN: QGCWEN

7. Khanieva I.M., Shogenov Yu.M., Shibzukhov Z.-G.S. Dependence of the yield structure of corn hybrids in Kabardino-Balkaria on varietal characteristics and treatment with stimulants. *Tekhnologii, instrumenty i mekhanizmy innovatsionnogo razvitiya: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii NITS «Povolzhskaya nauchnaya korporatsiya»* [Technologies, tools and mechanisms of innovative development: materials of the International Scientific and Practical Conference of the Volga Scientific Corporation Research Center]. Samara, 2017. Pp. 159–162. (In Russ). EDN: YNBMXY

8. Bekaldieva N.M., Tutov A.A., Zabakov A.B., Beytuganov I.R., Dzhurtubaev A.N. Features of the use of growth regulators on corn crops in the KBR. *Moy vybor – nauka: sbornik statey Mezhdunarodnogo*

*nauchno-issledovatel'skogo konkursa* [My choice is science: a collection of articles of the International Scientific – research competition]. Petrozavodsk, 2022. Pp. 237–242. (In Russ). EDN: UPPKBQ

9. Shogenov Yu.M., Khanieva I.M., Boziev A.L., Dzhurtubaev A.N., Taumurzaeva F.D. Effect of complex fertilizers on corn crops in the foothill zone of the KBR. *Nauka, obrazovaniye i innovatsii dlya APK: sostoyaniye, problemy i perspektivy: materialy VII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy onlayn-konferentsii*. [Science, education and innovations for the agro-industrial complex: state of the art, problems and prospects: materials of the VII International Scientific and Practical Online Conference]. Maykop, 2022. Pp. 251–254. (In Russ). EDN: GGFAOA

10. Kisev A.Yu., Khanieva I.M., Berbekov K.Z. Increasing the yield and quality of corn grain when using biological products in the KBR. *Ekologiya i melioratsiya agrolandshaftov: perspektivy i dostizheniya molodykh uchenykh: materialy VII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii molodykh uchenykh, posvyashchennoy 120-letiyu so dnya rozhdeniya Al'benskogo A.V.* [Ecology and reclamation of agricultural landscapes: prospects and achievements of young scientists: materials of the VII International Scientific and Practical Conference of Young Scientists, dedicated to the 120th anniversary of the birth of A.V. Albensky. Volgograd, 2019. Pp. 438–439. (In Russ)

---

#### Сведения об авторе

**Шибзухов Залим-Гери Султанович** – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры садоводства и лесного дела, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В. М. Кокова», SPIN-код: 2455-5191

#### Information about the author

**Zalim-Geri S. Shibzukhov** – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Horticulture and Forestry, Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov, SPIN-code: 2455-5191

---

*Статья поступила в редакцию 16.05.2024;  
одобрена после рецензирования 31.05.2024;  
принята к публикации 10.06.2024.*

*The article was submitted 16.05.2024;  
approved after reviewing 31.05.2024;  
accepted for publication 10.06.2024.*