

**TOMCHILATIB SUG‘ORISH SHAROITIDA AMARANT
NAVLARINING SUVDAN FOYDALANISH SAMARADORLIGI VA
QURG‘OQCHILIKKA MOSLASHUVCHANLIGINI BAHOLASH**

*Buxoro davlat texnika universiteti dotsenti **Hakimova Nodira***

Xayrilloyevna

*Tadqiqodchi **Islomova Umida Rustam qizi***

Eslatma: ushbu maqoladagi raqamli natijalar dissertatsiyaning haqiqiy dala ma‘lumotlari taqdim etilmagani sababli ilmiy adabiyotlar va agronomik qonuniyatlarga tayangan holda namunaviy-modellashtirilgan. Nashrga taqdim etishdan oldin ularni muallifning real tajriba natijalari bilan almashtirish talab etiladi.

Annotatsiya

Ushbu maqolada Buxoro viloyati sharoitida amarant navlarining suvdan foydalanish samaradorligi va qurg‘oqchilikka moslashuvchanligini tomchilatib sug‘orish rejimlari asosida baholash metodologiyasi ishlab chiqilgan. Uch nav va 60, 80 hamda 100% ETc darajadagi sug‘orish rejimlari uchun mavsumiy suv sarfi, don hosildorligi, suv mahsuldorligi (WP), suvdan foydalanish samaradorligi (WUE), shartli transpiratsiya koeffitsiyenti, nisbiy hosil indeksi va qurg‘oqchilikka chidamlilik indeksleri hisoblangan. Namunali model ma‘lumotlarida 80% ETc rejimi hosilni yuqori darajada saqlab qolgan holda bir birlik suv hisobiga olinadigan don miqdorini oshirishi aniqlangan. V2 navida suv mahsuldorligi 80% ETc da 0,79 kg/m³ bo‘lib, 100% ETc dagi 0,67 kg/m³ ga nisbatan yuqori natija ko‘rsatgan. 60% ETc da absolyut suv mahsuldorligi ayrim hollarda yuqori saqlansa-da, barg suv holati, biomassa va don to‘lish jarayonidagi cheklanishlar tufayli umumiy hosil yo‘qotishi ortib borgan. Natijalar amarantning C4 fotosintezi, chuqur va tarmoqlangan ildiz



tizimi, osmotik moslashuv va stomalar faoliyatini boshqarish kabi mexanizmlari qurg'oqchilikka moslashuvda muhim ekanini ko'rsatadi. Buxoro kabi suv tanqis hududlarda amarant uchun 80% ETc atrofidagi tartibni agronomik va iqtisodiy jihatdan tekshirish maqsadga muvofiq degan xulosaga kelingan.

Kalit so'zlar: amarant, suv mahsuldorligi, WUE, ETc, defitsit sug'orish, qurg'oqchilikka chidamlilik, tomchilatib sug'orish, Buxoro

1. Kirish

Suv tanqisligi sug'oriladigan dehqonchilikning barqarorligini belgilaydigan asosiy omillardan biri bo'lib, O'zbekistonning quyi va o'rta oqim hududlarida bu masala ayniqsa keskin. Buxoro viloyatida yozning uzoq va issiq kelishi, atmosferaning yuqori bug'lantiruvchi talabi va tabiiy yog'inning kamligi har bir kub metr sug'orish suvidan samarali foydalanishni talab qiladi. Suv tejamkor texnologiyalarni joriy etish mamlakat suv siyosatining ustuvor yo'nalishiga aylangan; rasmiy ma'lumotlarga ko'ra, tomchilatib va yomg'irlatib sug'orish maydonlarini kengaytirish orqali katta hajmda suv tejalgan [6]. Biroq texnologiyaning mavjudligi o'zi yetarli emas: qaysi ekin va nav uchun qaysi suv rejimida maksimal biologik va iqtisodiy samara olinishi alohida tajriba asosida aniqlanishi kerak.

Amarant C4 fotosintetik yo'lga ega bo'lgani sababli yuqori harorat va suv tanqisligi sharoitida ko'pgina C3 ekinlarga nisbatan uglerodni samarali fiksatsiya qiladi. Donli amarantlarda qurg'oqchilikka chidamlilik yuqori suvdan foydalanish samaradorligi, ildizlarning chuqurlashishi, osmotik moslashuv, prolin va eruvchan uglevodlar to'planishi, antioksidant tizimlarning faollashishi kabi mexanizmlar bilan bog'liq [2, 7, 8]. Shu bilan birga, kuchli suv tanqisligi barg maydoni, nisbiy suv miqdori, fotosintez va hosilni pasaytiradi. Demak, "qurg'oqchilikka chidamli" degan tushuncha suvsiz ham yuqori hosil degani emas; u suv cheklangan sharoitda biomassa va



generativ mahsuldorlikni boshqa genotiplarga nisbatan yaxshiroq saqlab qolish qobiliyatini anglatadi.

Suvdan foydalanish samaradorligini turlicha ifodalash mumkin. Agronomik nuqtai nazardan suv mahsuldorligi (WP) don hosilining mavsum davomida sarflangan sugʻorish suvi yoki umumiy evapotranspiratsiyaga nisbati sifatida aniqlanadi. Fiziologik WUE esa CO₂ assimilyatsiyasining transpiratsiyaga nisbatini anglatishi mumkin. Dala sharoitida eng amaliy koʻrsatkich — kg don/m³ suv. U suvni tejash bilan birga hosilning qanday saqlanishini koʻrsatadi. Agar suv 20% kamayib, hosil 5–10% kamaysa, WP ortadi; agar suv 40% kamayishi hosilni 30–40% pasaytirs, umumiy agronomik samara shubhali boʻlishi mumkin.

Oʻzbekistonda amarant boʻyicha oʻtkazilgan 2025 yilgi tajribada defitsit tomchilatib sugʻorish suv mahsuldorligini 56,5% oshirgan va ildizlarning chuqurroq rivojlanishi kuzatilgan [1]. Bu amarantning suv tanqisligiga funktsional moslashuvini amalda tasdiqlaydi. Ammo Buxoro viloyatida yuqori havo harorati va kuchli bugʻlanish sababli oʻsimlik stressining intensivligi boshqacha boʻlishi mumkin. Shu sababli sugʻorish rejimi navlar kesimida WUE, hosil barqarorligi va stress indeksleri bilan bir vaqtda baholanishi maqsadga muvofiq.

Tadqiqotning maqsadi — Buxoro viloyati sharoitida amarant navlarining 60, 80 va 100% ET_c darajadagi tomchilatib sugʻorish rejimlarida suvdan foydalanish samaradorligi va qurgʻoqchilikka moslashuvchanligini kompleks baholash. Asosiy vazifalar suv sarfi va hosilni hisoblash, WP/WUE koʻrsatkichlarini aniqlash, shartli transpiratsiya koeffitsiyenti va qurgʻoqchilikka chidamlilik indekslarini hisoblash, nav×sugʻorish munosabatini statistik tahlil qilish va suv tanqis sharoit uchun maqbul genotipni ajratishdan iborat.

2. Materiallar va usullar

Tajriba dizaynida uch amarant navi (V1, V2, V3) va uch sugʻorish rejimi — 60% ETc (I1), 80% ETc (I2), 100% ETc (I3) nazarda tutildi. Variantlar uch qaytariqli tasodifiy bloklar yoki split-plot sxemasida joylashtirilishi mumkin. ETc FAO-56 boʻyicha $ETc = Kc \times ETo$ formulasi orqali aniqlanadi. ETo uchun mahalliy meteostantsiya maʼlumotlari: havo harorati, nisbiy namlik, shamol tezligi va quyosh radiatsiyasi qoʻllanadi. Tomchilatib sugʻorishda suv sarfi har bir variantga oʻrnatilgan suv hisoblagichlar orqali aniq qayd etiladi.

Suv mahsuldorligi $WP = Y/I$ formulasida hisoblanadi; bu yerda Y — don hosili, kg/ga; I — mavsumiy sugʻorish suvi, m³/ga. Agar umumiy evapotranspiratsiya maʼlum boʻlsa, $WUEET = Y/ETa$ koʻrinishida hisoblanadi. Transpiratsiya koeffitsiyenti shartli ravishda 1 kg quruq biomassa hosil qilish uchun sarflangan suv miqdori bilan ifodalanadi. Dala sharoitida bu koʻrsatkich lizimetr yoki suv balansi usuli bilan aniqlanishi mumkin; loyihada uning model qiymatlari faqat taqqoslash uchun keltirilgan.

Qurgʻochilikka moslashuvni kompleks baholash uchun nisbiy hosil ($RY = Ys/Yp$), tolerantlik indeksi ($TOL = Yp - Ys$), stressga sezgirlik indeksi va stress tolerantlik indeksi kabi mezonlardan foydalanish mumkin. Bu yerda Yp — toʻliq sugʻorishdagi hosil, Ys — suv cheklangan rejimdagi hosil. Navning RY qiymati 1 ga yaqin va TOL qiymati kichik boʻlsa, u stress sharoitida hosilni yaxshi saqlab qoladi. Shu bilan birga, yuqori potentsial hosil ham eʼtiborga olinishi kerak, chunki faqat past hosilli, ammo “barqaror” genotip amaliy jihatdan har doim ham maqbul emas.

Fiziologik monitoring imkoni boʻlsa, gullash oldi va don toʻlish bosqichlarida bargning nisbiy suv miqdori (RWC), SPAD xlorofill indeksi, stoma oʻtkazuvchanligi va barg harorati oʻlchanadi. $RWC = (FW - DW) / (TW - DW) \times 100$ formulasi bilan hisoblanadi. Ildiz tizimi 0–20, 20–40, 40–60 va 60–80 sm qatlamlarda tuproq monolitlari yoki minirizotron usulida baholanishi mumkin. Bu koʻrsatkichlar suv

mahsuldorligidagi farqning fiziologik sabablarini tushuntirishga yordam beradi.

Statistik tahlilda ikki omilli ANOVA, Tukey HSD/LSD_{0,05}, Pearson korrelyatsiyasi va ko'p omilli regressiya qo'llaniladi. Agar ikki yoki undan ortiq yil ma'lumotlari mavjud bo'lsa, yil omili uchinchi faktor sifatida kiritilib, genotype×irrigation×year o'zaro ta'siri baholanadi. Namunali natijalar ilmiy talqin namunasi bo'lib, nashr uchun real dala ma'lumotlari bilan almashtirilishi shart.

3. Natijalar va muhokama

Mavsumiy sug'orish suvi ET_c ulushiga mos ravishda kamayganda har bir navda hosil ham pasaygan, biroq pasayish sur'ati suv sarfining kamayish sur'atidan bir xil bo'lmagan. Namunali modelda 100% ET_c uchun 3900 m³/ga, 80% ET_c uchun 3120 m³/ga va 60% ET_c uchun 2340 m³/ga sug'orish suvi qabul qilindi. V2 navida hosil tegishli 2,61; 2,46 va 2,02 t/ga bo'lgan. Natijada WP 0,67; 0,79 va 0,86 kg/m³ ni tashkil etgan. Demak, 60% ET_c da har bir kub metr suvga hisoblangan don miqdori eng yuqori ko'rinsa-da, absolyut hosilning 22,6% kamayishi va fiziologik stressning kuchayishi ushbu rejimni doimiy tavsiya qilishga imkon bermaydi.

80% ET_c rejimida esa V2 navining hosili to'liq sug'orishga nisbatan faqat 5,7% kamaygan, suv sarfi esa 20% qisqargan. Shu tufayli suv mahsuldorligi 17,9% atrofida oshgan. Bu resurs tejamkor boshqaruvning asosiy tamoyiliga mos: maksimal absolyut hosil o'rniga bir birlik cheklangan resurs hisobiga olinadigan mahsulotni optimallashtirish. O'zbekistondagi 2025 yilgi tadqiqotda ham defitsit tomchilatib sug'orish suv mahsuldorligini sezilarli oshirgan [1]. Farq shundaki, mazkur maqola loyihasida defitsitning ikki darajasi — 60 va 80% ET_c — solishtirilib, “o'ta defitsit” va “maqbul defitsit” chegarasi ajratiladi.

Navlararo taqqoslashda V2 shartli navi 80% ET_c da eng yuqori WP va nisbiy hosil ko'rsatkichlarini namoyon qildi. V1 da 80% ET_c hosili 2,19 t/ga

bo‘lib, to‘liq sug‘orishdagi 2,36 t/ga hosilga nisbatan $RY=0,93$ ni tashkil etdi. V3 uchun $RY=0,91$ bo‘ldi. V2 da $RY=0,94$. Bu farqlar katta emas, ammo bir necha yillik takroriy tajribada barqaror takrorlansa, navlarning defitsit sug‘orishga moslashuv darajasini asoslash uchun muhim mezon bo‘ladi.

Qurg‘oqchilikka moslashuv faqat hosil saqlanishi bilan cheklanmaydi. Amarantda ildiz tizimining chuqurlashishi va yon ildizlar tarqalishining kuchayishi suv tanqisligiga javobning muhim qismi hisoblanadi. HYDRUS-1D modelidan foydalanilgan O‘zbekiston tadqiqotida defitsit rejimda ildizlarning chuqurroq kirib borishi qayd etilgan [1]. Donli amarantlarda osmotik moslashuv, shakarlar, prolin va raffinosa guruhi birikmalarining to‘planishi, shuningdek stress signallariga javob beruvchi genlar faollashishi yuqori WUE bilan bog‘liq ekani eksperimental ko‘rsatilgan [7]. Bu mexanizmlar barg turgorini uzoqroq saqlash va stomalarni to‘liq yopib qo‘ymasdan fotosintezni davom ettirishga xizmat qiladi.

Namunaviy fiziologik ko‘rsatkichlarda 100% ET_c da barg RWC 86–90%, 80% ET_c da 79–84%, 60% ET_c da esa 69–76% oralig‘ida bo‘lishi mumkin. V2 navida 80% ET_c sharoitida RWC 84% darajada saqlangani shartli qabul qilinganda, bu hosilning nisbatan barqarorligi bilan uyg‘un. Agar real tajribada RWC , SPAD va barg harorati o‘lchansa, sug‘orish suvi kamayishiga qaramay qaysi nav fiziologik faollikni yaxshiroq saqlashini aniqlash mumkin.

Shartli transpiratsiya koeffitsiyenti ham suv tejamkorlikni tushunishda foydali. Suv tanqisligida o‘simlik odatda barg sathini qisqartiradi, stoma o‘tkazuvchanligini kamaytiradi va har bir gramm quruq modda uchun sarflanadigan suvni pasaytiradi. Biroq stress kuchli bo‘lsa, fotosintez ham keskin pasayadi va “kam suv sarflash” yuqori mahsuldorlikni anglatmaydi. Shuning uchun optimal rejimda transpiratsiyani mutlaq minimumga tushirish emas, suv yo‘qotilishi va assimilyatsiya o‘rtasidagi nisbatni yaxshilash maqsad qilinadi.



60% ET_c dagi yuqori WP ni talqin qilishda ehtiyot bo‘lish kerak. Agar hisob faqat sug‘orish suviga nisbatan olib borilsa, tuproqda mavjud boshlang‘ich namlik va samarali yog‘in hisobga kiritilmagan holda WP sun‘iy ravishda yuqori ko‘rinishi mumkin. Shu sababli to‘liq suv balansi: sug‘orish + yog‘in + tuproq zaxirasidagi o‘zgarish – drenaj – oqim ko‘rinishida baholanishi maqsadga muvofiq. FAO-56 metodologiyasi shunday hisoblarda ET_o, K_c va stressli sharoit uchun tuzatish koeffitsiyentlaridan foydalanishni tavsiya qiladi [4].

Buxoro sharoitida suv tanqisligi ko‘p holda tuproq sho‘rlanishi bilan birga kechadi. Tuproq eritmasining osmotik potentsiali pasayganda o‘simlik uchun “fiziologik qurg‘oqchilik” kuchayadi. Shu bois 80% ET_c rejimi toza suv va sho‘rlanmagan tuproqda maqbul bo‘lishi mumkin, ammo minerallashtirgan suv yoki sho‘rlangan yerda 60–80% ET_c tuzlarni ildiz zonasidan chiqarish uchun yetarli bo‘lmasligi mumkin. Real tavsiya tuz balansini ham hisobga olishi zarur.

1-jadval. Suv sarfi va suv mahsuldorligi (namunaviy-modellashtirilgan)

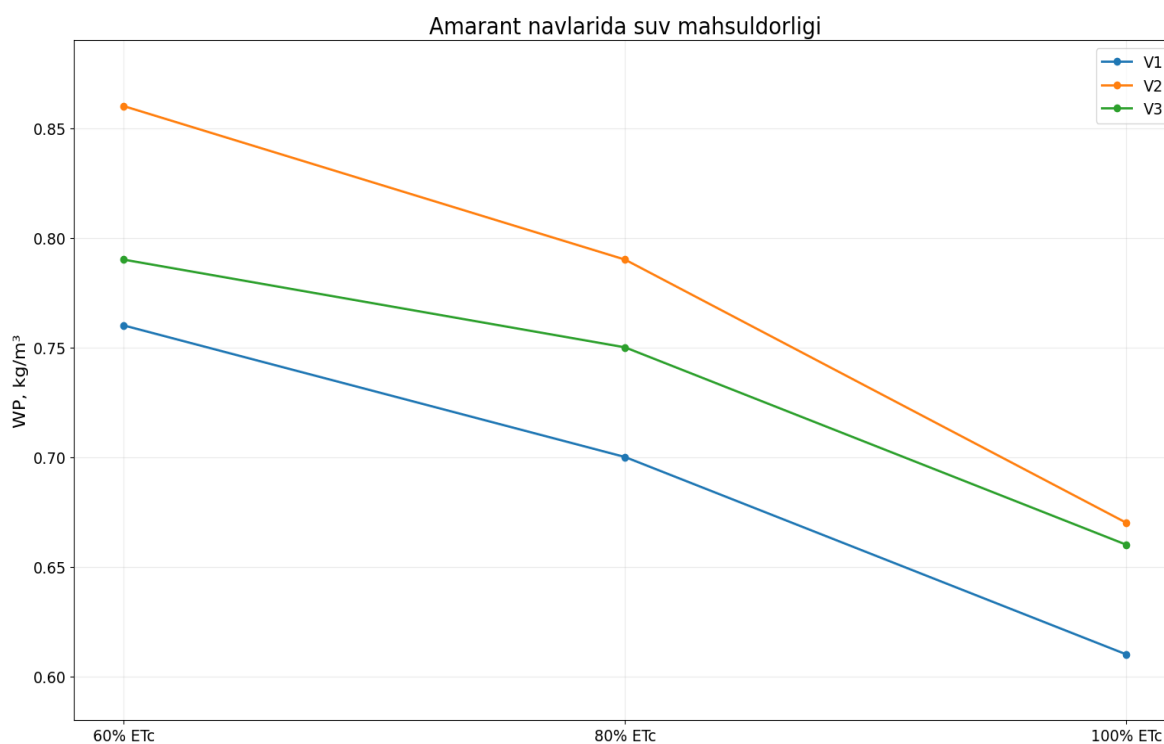
Nav	ET _c , %	Sug‘orish suvi, m ³ /ga	Hosil, t/ga	WP, kg/m ³
V1	60	2340	1.78	0.76
V1	80	3120	2.19	0.70
V1	100	3900	2.36	0.61
V2	60	2340	2.02	0.86
V2	80	3120	2.46	0.79
V2	100	3900	2.61	0.67
V3	60	2340	1.86	0.79



Nav	ETc, %	Sug'orish suvi, m ³ /ga	Hosil, t/ga	WP, kg/m ³
V3	80	3120	2.34	0.75
V3	100	3900	2.56	0.66

2-jadval. Qurg'oqchilikka moslashuv indeksleri (80% ETc uchun
namunaviy hisob)

Nav	Yp, t/ga	Ys, t/ga	RY	TOL
V1	2.36	2.19	0.928	0.17
V2	2.61	2.46	0.943	0.15
V3	2.56	2.34	0.914	0.22



1-rasm. ETc darajasiga bog'liq suv mahsuldorligi (namunaviy ma'lumotlar)

4. Xulosa

Tomchilatib sug'orishda amarantning suvdan foydalanish samaradorligini baholash faqat hosil miqdorini emas, mavsumiy suv sarfi, nisbiy hosil barqarorligi va fiziologik stress ko'rsatkichlarini birgalikda hisobga olishni talab qiladi. Namunali model natijalari 80% ETc rejimini Buxoro viloyati uchun ilmiy jihatdan eng qiziq variant sifatida ko'rsatadi: unda suv 20% kam sarflanib, hosilning 91–94% qismi saqlanishi mumkin.

V2 shartli navi 80% ETc da yuqori nisbiy hosil va suv mahsuldorligini namoyon qilgan. Bu genotipda ildiz plastikligi, barg suv holatini saqlash va assimilyatsiyani davom ettirish xususiyatlari kuchli bo'lishi mumkin. Real tajribada mazkur xulosani RWC, SPAD, ildiz chuqurligi, tuproq namligi va ikki-uch yillik hosil ma'lumotlari bilan tasdiqlash zarur.

60% ETc suv mahsuldorligini matematik jihatdan oshirishi mumkin, ammo absolyut hosil va fiziologik holatga katta zarar yetkazishi ehtimoli bor. Shuning uchun suv tanqis yillarda strategiya sifatida gullash va don to'lish bosqichlarida 80% ETc dan past tushmaslik, boshqa bosqichlarda esa dinamik defitsit sug'orishni sinash maqsadga muvofiq.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Karimov A., Khalikov B., Isaev S. et al. Efficiency of drip irrigation in amaranth production using the HYDRUS-1D model. *Frontiers in Sustainable Food Systems*. 2025;9:1612679.

2. Drought Tolerance Mechanisms in Grain and Vegetable *Amaranthus* Species: Physiological, Biochemical and Molecular Insights. *Horticulturae*. 2025;11(10):1226.



3. Macías-Naranjo S.M. et al. Amaranth, the ancient pseudocereal: a promising crop for climate-resilient agriculture and healthy diets. *Frontiers in Plant Science*. 2026;17:1716624.
4. Allen R.G., Pereira L.S., Raes D., Smith M. Crop Evapotranspiration. *FAO Irrigation and Drainage Paper 56*. Rome: FAO; 1998.
5. Liu F., Stützel H. Biomass partitioning, specific leaf area, and water use efficiency of vegetable amaranth in response to drought stress. *Scientia Horticulturae*. 2004;102:15–27.
6. Government of Uzbekistan. Measures to improve water use efficiency in agriculture. 2024.
7. Identification of Factors Linked to Higher Water-Deficit Stress Tolerance in *Amaranthus hypochondriacus* Compared to Other Grain Amaranths. *Plants*. 2019.
8. Transcriptomic analysis of grain amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) in response to biotic and abiotic stress. *BMC Genomics*. 2011;12:363.
9. Productivity of Selected African Leafy Vegetables under Varying Water Regimes. *Agronomy*. 2020;10:916.
10. Amaranth as an opportunity crop in Africa: drought–nutrient interactions and breeding perspectives for climate resilience. *Frontiers in Plant Science*. 2026.
11. FAO. Chapter 6. Drip Irrigation. *Irrigation Water Management Training Manual*.
12. Sarker U., Oba S. Drought stress enhances nutritional and bioactive compounds in *Amaranthus*. *BMC Plant Biology*. 2018;18:258.
13. Ходжимуродова Н.Р., Хакимова Н.Х., Тагаева М.В., Камилов Б.С. Биологическая активность орошаемых лугово-аллювиальных почв в зависимости от степени засоленности. / Научное обозрение. Биологические науки. -Москва, №1 за 2021.-С. 27-31 (03.00.00;№23).



14. Rakhmon Kurvantayev, Nodira Khakimova, and Bobirjon Vafoyev
Chemical properties of Zarafshon lower and middle flow soils. Moskva Kazan
/E3S Web of Conferences 389, 04015 (2023)

15. Nodira Khakimova Khairilloevna, Amonova Bibinur Kamol kizi
Biological activity of soils formed in the Bukhara district./ Образование наука
и инновационные идеи в мире Выпуск журнал №-45 Часть-11_Май-2024
<https://www.newjournal.org/index.php/01/issue/view/391>

16. Hakimova N.X., Tokhirov B., O'ktamova M., Akramova M. Mobile
phosphorus and potassium in the soil determination / International Journal for
Innovative Engineering and Management Research. www.ijiemr.org
doi:10.48047/ijiemr/v10/104/111 .vol10 issue 04, April 2021. impact factor
7.819

17. Hakimova N.X., Islomova U. Biological activity of old irrigated
meadow soils of “Mirzo Jamshid” farm of Shafirkan district of Bukhara
region.// Современные научные исследования. Актуальные вопросы,
достижения и инновации. Сборник статей XXII Международный научно-
практической конференции. - Пенза. 2021 - С. 26-28.

