

**СТИМУЛЯЦИЯ СИМБИОТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ
И КОРМОВОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ БОБОВЫХ АГРОЦЕНОЗОВ****STIMULATION OF SYMBIOTIC ACTIVITY AND FORAGE PRODUCTIVITY
IN LEGUMINOUS AGROCENOSES**

Ключевые слова: электромагнитное поле, облучение семян, посевные качества, бобовые травы, энергия прорастания, всхожесть, симбиотическая активность, фотосинтетическая деятельность, продуктивность.

С целью разработки приемов, направленных на улучшение посевных и качественных показателей семян бобовых трав, усиление их симбиотической активности и повышение кормовой продуктивности посевов были проведены исследования по оценке стимулирующего действия электромагнитного поля сверхвысокой частоты (ЭМП СВЧ). Воздушно-сухие семена подвергали СВЧ-облучению при мощности 800 Вт с различной продолжительностью экспозиции: 10, 20, 30, 40, 50, 60 и 70 с. В опытах использовали районированные для предгорных районов Северного Кавказа сорта клевера лугового и эспарцета песчаного. Оценку влияния СВЧ-обработки проводили по тому, как менялись показатели симбиотической активности и кормовая продуктивность посевов относительно контрольного варианта, где семена перед посевом не подвергались воздействию. Выявлено, что у изученных бобовых трав наилучшие значения как симбиотической активности, так и продуктивности формируются при предпосевной стимуляции семян электромагнитным СВЧ-полем. Оптимальным режимом оказались мощность 800 Вт и экспозиция 40 с. При указанных параметрах у клевера и эспарцета рост симбиотической активности был связан прежде всего с увеличением числа и массы активных клубеньков; прирост по этим признакам составил 12,5-16,9%. Параллельно отмечено существенное повышение урожайности зеленой массы бобовых культур (на 60,0-63,7%), а также увеличение доли сухого вещества на 10,7-24,3%. Наряду с этим улучшались кормовые характеристики получаемой биомассы: сбор кормовых единиц возрастал на 1,24-1,27 т/га, переваримого протеина – на 0,24-0,27 т/га, обменной энергии – на 9,5-10,2 ГДж/га. Удлинение обработки до 70 с приводило к ухудшению продук-

тивности, что связано с замедлением развития растений вследствие быстрого роста температуры внутри семян: при превышении пороговых значений порядка 50-60°C возможно возникновение теплового шока.

Keywords: electromagnetic field, seed irradiation, sowing qualities, legume grasses, germinating energy, germination, symbiotic activity, photosynthetic activity, productivity.

To develop approaches aimed at improving the sowing and quality characters of legume grass seeds, enhancing their symbiotic activity, and increasing forage production, the studies were conducted to assess the stimulation effect of super-high-frequency electromagnetic field (SHF EMF). Air-dry seeds were exposed to SHF irradiation at a power of 800 W with different exposure duration: 10, 20, 30, 40, 50, 60, and 70 s. The experiments used the varieties of red clover (*Trifolium pratense* L.) and Hungarian sainfoin (*Onobrychis arenaria* (Kit.) DC.) adapted to the foothill zones of the North Caucasus. The SHF effect was evaluated by changes in symbiotic activity and forage production compared to untreated control. The highest symbiotic activity and forage production in the investigated legume grasses were achieved with pre-sowing seed activation by SHF EMF at 800 W for 40 s. Under these conditions, symbiotic activity of clover and sainfoin increased due to a rise in the number and weight of active nodules by 12.5–16.9%; herbage weight increased by 60.0–63.7%, and dry matter content - by 10.7–24.3%. The nutritional value of the biomass also improved: the yield of fodder units increased by 1.24–1.27 t/ha, digestible protein - by 0.24–0.27 t/ha, and metabolizable energy - by 9.5–10.2 GJ/ha. Extending the treatment to 70 s resulted in reduced production which was due to slowed plant development caused by a rapid increase of seed internal temperature; when the threshold values of approximately 50–60°C were exceeded, heat shock might occur.

Алагов Асланбек Симонович, к.т.н., доцент, ФГБОУ ВО Горский ГАУ, г. Владикавказ, Российская Федерация, e-mail: agrofak_ae@gorskigau.ru.

Калоев Борис Сергеевич, д.с.-х.н., профессор, зав. кафедрой зоотехнии и аквакультуры, ФГБОУ ВО Горский ГАУ, г. Владикавказ, Российская Федерация, e-mail: bkaloev@yandex.ru.

Алборова Полина Владимировна, к.с.-х.н., доцент, ФГБОУ ВО Горский ГАУ, г. Владикавказ, Российская Федерация, e-mail: polinaalborova@mail.ru.

Базаева Лиана Михайловна, к.с.-х.н., доцент, ФГБОУ ВО Горский ГАУ, г. Владикавказ, Российская Федерация, e-mail: lianabazaeva@mail.ru.

Козырев Асланбек Хасанович, д.с.-х.н., профессор, гл. науч. сотр., Северо-Кавказский научно-исследовательский институт горного и предгорного сельского хозяйства, филиал, Федеральный научный центр «Владикавказский научный центр РАН», с. Михайловское, Пригородный р-н, Республика Северная Осетия – Алания, Российская Федерация, e-mail: ironlag@mail.ru.

Alagov Aslanbek Simonovich, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Gorsky State Agricultural University, Vladikavkaz, Russian Federation, e-mail: agrofak_ae@gorskigau.ru

Kaloev Boris Sergeevich, Dr. Agr. Sci., Prof., Head, Dept. of Animal Science and Aquaculture, Gorsky State Agricultural University, Vladikavkaz, Russian Federation, e-mail: bkaloev@yandex.ru.

Alborova Polina Vladimirovna, Cand. Agr. Sci., Assoc. Prof., Gorsky State Agricultural University, Vladikavkaz, Russian Federation, e-mail: polinaalborova@mail.ru.

Bazaeva Liana Mikhaylovna, Cand. Agr. Sci., Assoc. Prof., Gorsky State Agricultural University, Vladikavkaz, Russian Federation, e-mail: lianabazaeva@mail.ru.

Kozyrev Aslanbek Khasanovich, Dr. Agr. Sci., Prof., Chief Researcher, North Caucasian Research Institute of Mountain and Piedmont Farming, Branch, Federal Scientific Center "Vladikavkaz Scientific Center of Russian Academy of Sciences", Mikhaylovskoe, North Ossetia-Alania, Russian Federation, e-mail: ironlag@mail.ru.

Введение

В числе наиболее значимых задач, определяющих дальнейшее развитие животноводства и рост его рентабельности, находится организация полноценного кормления всех категорий сельскохозяйственных животных. При этом кормопроизводство целесообразно опирать на собственные ресурсы конкретных хозяйств, отдавая приоритет доступным и экономичным источникам питательных веществ [1]. Стабильное увеличение выпуска продукции животноводства становится реальным лишь при рациональном, научно выверенном подходе к кормлению, основанном на систематическом улучшении качества кормов.

Особое место в данной системе занимает проблема дефицита кормового белка: именно его наращивание рассматривается как первоочередное направление. В рационах крупного и мелкого рогатого скота определяющее значение имеют корма грубой, сочной и зеленой групп, а концентраты должны использоваться обоснованно и в оптимальных дозах. Заготовка травяных кормов, как правило, экономически оправдана; кроме того, увеличение их производства возможно практически во всех природно-климатических зонах Северного Кавказа [2].

Травостои, особенно сформированные бобовыми видами, отличаются высоким содержанием протеина и одновременно характеризуются широкой приспособляемостью к условиям выращивания. Для большинства бобовых культур

характерна способность формировать два, три и даже больше укосов в течение одного вегетационного сезона. При этом грамотно подобранные агротехнические приёмы дают возможность дополнительно повысить питательную ценность кормовой массы, в том числе увеличить содержание переваримого протеина, каротина и других биологически значимых компонентов. Достижение такого эффекта напрямую связано с полноценным ростом и развитием растений, что, в свою очередь, требует технологически грамотной подготовки семян бобовых культур [3].

Посевной материал бобовых рассматривается не только как средство воспроизводства, но и как носитель биологического и генетического разнообразия, важный для поддержания растительно-генетических ресурсов. В общем виде семя включает оболочку, питательную часть (эндосперм) и зародыш. Для бобовых нередко характерны плотные, частично опробковевшие клеточные стенки, что обуславливает явление так называемой твердокаменности. Данная особенность затрудняет поступление воды и, как следствие, снижает способность семян к прорастанию. Механизм твердокаменности связывают с изменениями пектиновых веществ в палисадном слое, расположенном под эпидермисом: при высыхании они утрачивают способность к набуханию, нарушаются капиллярные связи, формируется жесткий водонепроницаемый барьер.

Для поддержания энергетического состояния клеток и повышения устойчивости к вредителям и заболеваниям применяются различные подходы к обработке семян: тепловые, химические, а также биологические методы [4]. Среди вариантов предпосевной подготовки одним из результативных традиционно считают воздушно-солнечный прогрев, способный повышать энергию прорастания, полевую всхожесть и потенциальную урожайность. Однако его практическое применение связано с существенными временными затратами и зависимостью от устойчивой сухой солнечной погоды, что в весенний период нередко ограничивает возможности использования данного приема [5].

Параллельно развиваются энергосберегающие нанoeлектротехнологии, основанные на применении электромагнитного поля сверхвысокой частоты в сельскохозяйственных процессах. Эти направления начали формироваться в МГУ с 1970 г., фактически одновременно с появлением СВЧ-генераторов технологического назначения [6, 7]. В научных источниках обычно выделяют три основных направления воздействия СВЧ-излучения и электромагнитного поля на живые объекты: во-первых, это диэлектрический нагрев тканей; во-вторых, изменение электрических свойств клеточных мембран (прежде всего проводимости) под влиянием электрической составляющей поля; в-третьих, описываются резонансные, «информационные» взаимодействия внешнего электромагнитного воздействия с собственными электромагнитными характеристиками биообъекта [8].

Поскольку электромагнитные поля способны проникать в ткани организмов различной природы, изучение электродинамических характеристик растений, животных и микроорганизмов, включая исследования в полевых условиях, представляется важной составляющей современного естественнонаучного подхода.

Цель выполненных исследований заключалась в разработке приемов, направленных на улучшение посевных и качественных показателей семян бобовых трав, усиление их симбиотической активности и повышение кормовой продуктивности посевов.

Методы и материалы

Влияние электромагнитного поля сверхвысокой частоты на посевные качества семян бобовых оценивали на установке с режимом непре-

рывной генерации. В качестве средства предпосевной стимуляции использовали СВЧ-устройство SAMSUNG VI 1736 N R-X. В рабочем объеме поддерживалась частота 2450 МГц, а выходная мощность варьировала в пределах 100-800 Вт. Воздушно-сухие семена подвергали облучению при разных временах экспозиции: 10, 20, 30, 40, 50, 60 и 70 с.

Температуру образцов, расположенных под рупором экспериментальной установки и в резонаторном объеме СВЧ-печи, контролировали ртутным термометром типа Т (ГОСТ 2823-73), для которого допускает погрешность около $\pm 1^\circ\text{C}$. Дополнительно температурный режим семян в кювете фиксировали электротермометром ТПЭМ-1, обеспечивающим точность измерения с допустимым отклонением $\pm 0,26^\circ\text{C}$.

Полевые испытания организовали по двум основным блокам. Первый блок представлял собой контроль без какой-либо обработки посевного материала и включал два объекта: клевер луговой и эспарцет песчаный. Второй блок предусматривал предпосевное воздействие СВЧ-излучением при мощности 800 Вт. В этом случае варьировала длительность экспозиции, выделяя режимы 10-20, 30-40, 50-60 и 70 с.

Для проведения опыта использовали районированные для предгорных районов Северного Кавказа сорта: клевер луговой – Дарьял, эспарцет песчаный – Зерноградский 2. Закладку семян на проращивание проводили в соответствии с требованиями ГОСТ 12038-84.

В условиях коллекционного питомника в период 2024-2025 гг. осуществляли комплексное изучение образцов по совокупности количественных и качественных признаков. Параметры симбиотического аппарата бобовых трав (размеры и степень активности) определяли по методическим рекомендациям Г.С. Посыпанова [9]. Функционирование симбиоза оценивали по ряду показателей: изменению числа и массы активных клубеньков во времени, величине активного симбиотического потенциала, удельной активности симбиотической системы, количеству биологически фиксированного азота, а также по потреблению и выносу азота с урожаем. Интегральную оценку активного симбиотического потенциала за вегетационный период получали суммированием значений АСП за отдельные временные интервалы.

При анализе энергетической ценности кормов использовали комплекс показателей, вклю-

чающий валовую, переваримую, обменную и чистую энергию.

Постановку полевых опытов выполняли в соответствии с методическими указаниями ВНИИ кормов [10] и общепринятой методикой полевого опыта, изложенной Б.А. Доспеховым [11]. Для статистической интерпретации результатов применяли дисперсионный анализ и корреляционные методы.

Результаты исследований и их обсуждение

Результативность СВЧ-воздействия оценивали по сдвигам в энергии прорастания и лабораторной всхожести, а также по изменению длины и массы проростков обработанных семян относительно контроля (без облучения). По полученным данным наиболее выраженный стимулирующий эффект был характерен для режимов с продолжительностью воздействия в пределах 30-50 с.

Изучение морфологических характеристик симбиотического аппарата показало, что электромагнитное поле СВЧ при определённых ре-

жимах способно активизировать его формирование. Так, к завершению первого года в вариантах с предпосевной обработкой семян при мощности 800 Вт и экспозиции около 40 с растения клевера и эспарцета образовали наибольшее число активных клубеньков – порядка 81-83 млн шт/га. Это превышало контрольные значения на 9-12 млн шт., что соответствует увеличению на 12,5-16,9%. Одновременно масса клубеньков была выше контрольной на 12,6-15,8%.

При увеличении длительности воздействия до 60-70 с наблюдался противоположный эффект: показатели, характеризующие состояние симбиотического аппарата, оказывались ниже контрольных значений. У клевера количество клубеньков уменьшалось на 2-5 млн шт/га, что соответствует 2,8-6,9%, а их суммарная масса снижалась на 4-9 кг/га (3,4-8,1%). У эспарцета сокращение численности достигало 1-5 млн шт/га (1,4-7,5%), при этом масса клубеньков уменьшалась примерно на 5,0 кг/га, то есть примерно на 4,6% (табл. 1).

Таблица 1

Формирование симбиотического аппарата клевера и эспарцета

Время облучения семян (экспозиция)	Активные клубеньки							
	1-й год жизни, 2024 г.				2-й год жизни, 2025 г.			
	количество, млн шт/га		масса, кг/га		количество, млн шт/га		масса, кг/га	
	клевер	эспарцет	клевер	эспарцет	клевер	эспарцет	клевер	эспарцет
Контроль	84*	82	128	135	238	242	357	368
	72	71	119	114	220	233	343	354
10	84	82	128	135	239	247	358	370
	72	71	119	114	221	238	344	352
20	87	87	151	149	242	251	367	379
	75	76	124	118	223	240	348	356
30	89	90	133	152	243	254	368	380
	76	78	125	123	226	245	353	361
40	95	97	142	161	252	260	379	389
	81	83	134	132	235	249	367	374
50	88	91	132	147	242	249	367	379
	74	79	122	128	223	236	348	356
60	82	79	123	131	232	238	353	367
	70	70	115	118	215	227	335	346
70	79	77	118	123	225	231	342	356
	67	66	110	109	208	220	328	339
<i>НСР</i>	<i>3,30</i>	<i>3,60</i>						

Примечание. Числитель – общее количество и масса клубеньков, знаменатель – количество и масса активных клубеньков.

Такую динамику связывают с тем, что при чрезмерно длительной СВЧ-обработке электромагнитное поле, проникая глубже в биологиче-

ские ткани, способно менять характер действия: от стимулирующего к угнетающему. Предполагается, что в этих условиях возрастает доля

преобразования энергии, при которых переходы, связанные со спиновыми состояниями, смещаются в сторону тепловых колебаний решётки; что, в свою очередь, может нарушать устойчивость биохимических взаимодействий. Одновременно рассматривается и вариант частичной обратимости отмечаемых изменений: исходные связи могут восстанавливаться благодаря внутренним механизмам регуляции и влиянию внешней среды [6].

В ходе опытов было установлено, что при высоких дозах СВЧ-обработки семян (60-70 с при мощности 800 Вт) у клевера и эспарцета уменьшаются размеры и функциональная активность симбиотического аппарата. Это сопровождалось общим замедлением темпов роста и развития растений.

Вместе с тем на всех экспериментальных вариантах высота растений превосходила контроль, прирост составлял от 1,1 до 24,5%.

Наиболее выраженный эффект по формированию высокорослых растений наблюдался при воздействии электромагнитного поля СВЧ в течение 40 с. В первый год вегетации высота кле-

вера достигала 67,4 см, а показатель облиственности находился в пределах 57,2-75,8%. Для эспарцета в тех же условиях отмечали 70,5 см по высоте и 54,3-72,7% по облиственности.

Во второй год жизни растений высота находилась в диапазоне 97-105 см. При этом у клевера облиственность возрастала на 40-54%, тогда как у эспарцета увеличение составляло 12-27%.

В стимулирующих режимах применение СВЧ-поля, напротив, сопровождалось заметным ростом продуктивности клевера и эспарцета: прибавка урожайности составляла 60,0-63,7%, а доля сухого вещества увеличивалась на 10,7-24,3%. Наиболее высокие показатели зелёной массы зафиксированы при мощности 800 Вт и экспозиции 40 с: у клевера – 28,5 т/га, эспарцета – 38,5 т/га. Соответствующая прибавка зелёной массы достигала 11,1-14,5 т/га, а по сухому веществу – 0,50-0,61 т/га. Параллельно улучшались и кормовые достоинства биомассы: сбор кормовых единиц возрастал на 1,24-1,27 т/га, переваримого протеина – на 0,24-0,27 т/га, обменной энергии – на 9,5-10,2 ГДж/га (табл. 2).

Таблица 2

Продуктивность посевов клевера и эспарцета в зависимости от режимов СВЧ-поля (среднее за 2024-2025 гг.)

Экспозиция, с	Урожайность, т/га				Сбор с 1 га					
	зеленая масса		сухое вещество		кормовые единицы, тыс.		переваримый протеин		обменная энергия, ГДж	
	клевер	эспарцет	клевер	эспарцет	клевер	эспарцет	клевер	эспарцет	клевер	эспарцет
Контр.	17,4	24,0	3,86	4,47	4,30	4,38	0,54	0,62	44,6	47,1
10	18,6	26,6	3,90	4,58	4,32	4,40	0,62	0,67	45,6	48,4
20	21,8	25,3	4,40	4,65	4,64	4,71	0,65	0,73	50,6	52,7
30	26,3	33,1	4,51	4,76	5,00	5,12	0,72	0,77	51,8	54,5
40	28,5	38,5	4,80	4,95	5,57	5,62	0,81	0,86	54,1	57,3
50	26,1	35,2	4,47	4,62	4,83	5,05	0,72	0,75	51,3	55,4
60	20,4	30,8	3,70	3,97	4,08	4,26	0,54	0,67	49,0	53,1
70	16,7	24,9	3,55	3,81	3,61	3,88	0,50	0,62	41,2	44,7
<i>НСР</i>	<i>0,82</i>	<i>1,24</i>	<i>0,11</i>	<i>0,25</i>						

Наибольшие суммарные показатели кормовой ценности также фиксировались при экспозиции 40 с: 5,57-5,62 т/га кормовых единиц, 0,81-0,86 т/га переваримого протеина и 54,1-57,3 ГДж/га обменной энергии. Удлинение обработки до 70 с приводило к ухудшению продуктивности, что согласуется с отмеченным замедлением развития растений. Объяснение этого

эффекта связывают с быстрым ростом температуры внутри семян: при превышении пороговых значений порядка 50-60°C возможно возникновение теплового шока.

Механизм инактивации при воздействии СВЧ-импульсов обычно описывают следующим образом. Поглощённая системой неспаренных электронов энергия потенциально может пере-

ходить в энергию химических связей, однако дальнейшее преобразование нередко идёт по иному пути: энергия передаётся от спиновой системы к тепловым колебаниям кристаллической решётки. В таких условиях нарушения клеточных биохимических процессов связывают не с образованием токсических соединений, характерным для жесткого термического воздействия, а преимущественно с разрывом и прерыванием биохимических связей.

Отмечается, что СВЧ-поле обычно проявляет объемный характер действия благодаря сравнительно глубокому проникновению в биологические ткани. При этом выявлялись генетически обусловленные эффекты, способные угнетать эффективность обменных процессов.

Заключение

Анализ полученных в полевых условиях опытных данных показывает, что наиболее высокие показатели симбиотической активности и кормовой продуктивности у исследованных бобовых трав достигаются при предпосевной активации семян электромагнитным полем СВЧ при мощности 800 Вт и длительности воздействия 40 с. При этом симбиотическая активность клевера и эспарцета увеличивалась за счёт роста количества и массы активных клубеньков на 12,5-16,9%. Одновременно повышались урожайность зелёной массы (на 63,7-60,0%) и содержание сухого вещества (на 10,7-24,3%), а также улучшались кормовые показатели: прирост сбора кормовых единиц составлял 1,27-1,24 т/га, переваримого протеина – 0,27-0,24 т/га, обменной энергии – 9,5-10,2 ГДж/га.

Библиографический список

1. Doev, D.N. Biological nitrogen share in lucerne plants nutrition depending on the activeness of nodule bacteria strain / D.N. Doev, V.P. Tsotsieva, L.Zh. Basieva // Science Almanac of Black Sea Region Countries. – 2015. – No. 4(4). – P. 34-37. – EDN VPSGNV.

2. Козырев, А. Х. Научное обоснование реализации биологического потенциала люцерны в Центральной части Северного Кавказа: 06.01.09 «Растениеводство»: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук / Козырев Асланбек Хасанович. – Владикавказ, 2009. – 42 с. – EDN NLAZAF. – Текст: непосредственный.

3. Козырева, М. Ю. Накопление сухого вещества посевами люцерны в зависимости от типа азотного питания / М. Ю. Козырева, Л. Ж. Басиева. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2020. – № 5 (187). – С. 19-27. – EDN AMFQJP.

4. Микробиологическое направление биологического метода борьбы с вредителями сельскохозяйственных культур / А. А. Сабанова, Д. Т. Калицева, Л. Ж. Басиева, А. Х. Козырев. – Текст: непосредственный // Материалы 1-й студенческой экологической конференции, Владикавказ, 24-25 января 2002 года. – Владикавказ: Горский ГАУ, 2002. – С. 35-36. – EDN DNGGVG.

5. Щербаков, К. Н. Стимуляция ростовых процессов растений низкоэнергетическим электромагнитным полем / К. Н. Щербаков. – Текст: непосредственный // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2002. – № 7. – С. 26-29.

6. Астахов, Е. Ю. Влияние ЭМП СВЧ на экологическую чистоту муки / Е. Ю. Астахов, Н. В. Сокол, В. И. Каун. – Текст: непосредственный // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2005. – № 4. – С. 7-8.

7. Предпосевная обработка семян лука электромагнитным полем СВЧ / С. Г. Юртаев [и др.]. – Текст: непосредственный // Земледелие. – 1997. – № 5. – С. 40-41.

8. Бородин, И. Ф. Электрофизическая интенсификация сушки и обработки агросырья / И. Ф. Бородин. – Текст: непосредственный // Современные энергосберегающие тепловые технологии (сушка и термовлажностная обработка материалов): в 4 томах: материалы 1-й Международной научно-практической конференции, Москва, 28-31 мая 2002 года. – Москва: МГАУ, 2002. – Т. 1.

9. Посыпанов, Г. С. Методы изучения биологической фиксации азота воздуха: справочное пособие / Г. С. Посыпанов. – Москва: Агропромиздат, 1991. – 300 с. – Текст: непосредственный.

10. Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами. – Москва: Всероссийский научно-исследовательский институт кормов им. В.Р. Вильямса, 1987. – 198 с. – Текст: непосредственный.

11. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б. А. Доспехов. – Москва: Альянс, 2014. – 351 с. – Текст: непосредственный.

References

1. Doev, D.N. Biological nitrogen share in lucerne plants nutrition depending on the activeness of nodule bacteria strain / D.N. Doev, V.P. Tsotsieva, L.Zh. Basieva // Science Almanac of Black Sea Region Countries. 2015. No. 4 (4). P. 34-37.
2. Kozyrev, A.Kh. Nauchnoe obosnovanie realizatsii biologicheskogo potentsiala lyutserny v Tsentralnoy chasti Severnogo Kavkaza: avtoreferat dis. ... doktora nauk. – Vladikavkaz, 2009. – 42 s.
3. Kozyreva, M.Yu. Nakoplenie sukhogo veshchestva posevami lyutserny v zavisimosti ot tipa azotnogo pitaniya / M.Yu. Kozyreva, L.Zh. Basieva // Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2020. – No. 5 (187). – S. 19-27.
4. Sabanova, A.A. Mikrobiologicheskoe napravlenie biologicheskogo metoda borby s vreditelyami selskokhozyaystvennykh kultur // Materialy 1 studencheskoy ekologicheskoy konferentsii. – Vladikavkaz: Gorskij GAU, 2002. – S. 35-36.
5. Shcherbakov K.N. Stimulyatsiya rostovykh protsessov rasteniy nizkoenergeticheskim elektromagnitnym polem // Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya selskogo khozyaystva. 2002. No. 7. S. 26-29.
6. Astakhov E.Yu., Sokol N.V., Kaun V.I. Vliyaniye EMP SVCh na ekologicheskuyu chistotu muki // Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya selskogo khozyaystva. 2005. No. 4. S. 7-8.
7. Yurtaev S.G. i dr. Predposevnaya obrabotka semyan luka elektromagnitnym polem SVCh // Zemledelie. 1997. No. 5. S. 40-41.
8. Borodin I.F. Elektrofizicheskaya intensifikatsiya sushki i obrabotki agrosyrya // Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii "Sovremennye energosberegayushchie teplovye tekhnologii i termovlazhnostnaya obrabotka materialov". – T. 1. – Moskva: MGAU, 2002.
9. Posypanov, G.S. Metody izucheniya biologicheskoy fiksatsii azota vozdukhа: spravochnoe posobie. – Moskva: Agropromizdat, 1991. 300 s.
10. Metodicheskie ukazaniya po provedeniyu polevykh opytov s kormovymi kulturami. – Moskva: Vserossiyskiy nauchno-issledovatel'skiy institut kormov im. V.R. Vilyamsa, 1987. 198 s.
11. Dospekhov, B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezultatov issledovaniy). – Moskva: Alyans, 2014. 351 s.



УДК 633.34;631.8

DOI: 10.53083/1996-4277-2026-259-5-17-23

**Л.Ч. Гагиева, С.С. Басиев, А.А. Абаев,
Л.В. Чкареули, А.Х. Козырев
L.Ch. Gagieva, S.S. Basiev, A.A. Abaev,
L.V. Chkareuli, A.Kh. Kozyrev**

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РАСТВОРОВ АМИНОКИСЛОТ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ОБРАЗЦОВ АМАРАНТА (*AMARANTHUS HYPOCHONDRIACUS* L.)

EVALUATION OF AMINO ACID SOLUTION EFFECTS ON AMARANTH ACCESSIONS (*AMARANTHUS HYPOCHONDRIACUS* L.) PRODUCTIVITY

Ключевые слова: урожайность, площадь листьев, аминокислоты, вегетативный рост, фотосинтетический аппарат, биомасса.

Изучено влияние аминокислот в концентрации 10^{-6} М на формирование ассимиляционной поверхности растений (на примере сорта К-63). Опыт проводился на опытном участке НИИ биотехнологии Горского ГАУ на выщелоченном черноземе средней мощности со следующими агрохимическими показателями: содержание гумуса – 4,45%, легкогидролизуемого азота – 78 мг/кг, подвижного фосфора – 94,6 мг/кг, подвижного калия – 175 мг/кг; реакция почвен-

ного раствора – 5,8. Установлено, что в конце фазы вегетативного роста наблюдается активная дифференциация растений по морфометрическим показателям. Наибольшую эффективность в стимуляции роста и ветвления проявили пролин и аргинин, увеличив площадь листьев до 34,9 тыс. м²/га. Применение фенилаланина также обеспечило положительную динамику – на 0,3-4,2 тыс. м²/га в сравнении с контрольными вариантами. Фенилаланин является наиболее универсальным стимулятором, обеспечивающим стабильную прибавку урожайности у всех изученных образцов. Использование тирозина в данной концентрации не привело к значимым изме-