

Научная статья

УДК 635.241

DOI: 10.36508/journal.2026.68.52.003

4.1.1. Общее земледелие и растениеводство (Сельскохозяйственные науки. Биологические науки)

4.1.1. General Agriculture and Crop Science (Agricultural Sciences. Biological Sciences)

ВЛИЯНИЕ РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА НА БИОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЛУКА РЕПЧАТОГО: ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРЕПАРАТОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СОРТА

Черкашина Мария Ильинична^{✉ 1}

¹Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Арктический государственный агротехнологический университет», Якутск, Россия

✉703210@mail.ru

Аннотация. Рассмотрено влияние регуляторов роста на биохимический состав различных сортов лука репчатого возделываемых, в Южной лесостепи Республики Башкортостан.

Проблемы и цель. Уровень накопления веществ в луковицах зависит от разных факторов. Сейчас отсутствует единая система подбора оптимальных препаратов для конкретных сортов, а данные по их влиянию на ключевые биохимические показатели нередко противоречивы. Цель исследования - определить влияние различных регуляторов роста (Эпин Экстра, Циркон, Гетероауксин) на биохимический состав (содержание сухого вещества, сахарозы, аскорбиновой кислоты) разных сортов лука репчатого.

Методология. Исследования проводились в 2021–2023 гг. Варианты обработки включали применение регуляторов роста: Эпин Экстра, Циркон, Гетероауксин; контроль - стандартная обработка водой. Лабораторный анализ - в лаборатории биохимического анализа и биотехнологии НОЦ определялось содержание сухого вещества; количество сахарозы; концентрацию аскорбиновой кислоты традиционными методами. Данные обрабатывали статистически при сравнении вариантов по каждому сорту.

Результаты. Содержание сухого вещества: сорт Иглинский 2 - максимум 18,35 % (вариант Эпин-Экстра); сорт Стригуновский местный (st) - 17,03 % (вариант Циркон); сорт Ред Барон - 16,81 % (вариант Эпин-Экстра). Количество сахарозы: сорт Ред Барон - 2,60 % (вариант Эпин-Экстра); сорт Иглинский 2 - 2,46 % (вариант Циркон); сорт Стригуновский местный

(st) - 2,00 % (вариант Гетероауксин); Содержание аскорбиновой кислоты: сорт Иглинский 2 - 19,40 мг% (вариант Эпин-Экстра); сорт Ред Барон - 16,43 мг% (вариант Гетероауксин); сорт Стригуновский местный (st) - 11,8 мг% (вариант Гетероауксин). Установлено, что эффект от применения регуляторов роста был специфичен для каждого сорта

Заключение. Перспективным направлением дальнейших исследований является изучение совместного применения регуляторов роста с элементами минерального питания для комплексного улучшения биохимического состава луковиц.

Ключевые слова. лук репчатый, биология, сорт, регулятор роста, сахароза, сухое вещество, аскорбиновая кислота

Original article

THE EFFECT OF GROWTH REGULATORS ON THE BIOCHEMICAL COMPOSITION OF ONIONS: EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF DRUGS DEPENDING ON THE VARIETY

Cherkashina Maria Ilyinichna^{✉1}

¹Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Arctic State Agrotechnological University", Yakutsk, Russia

✉703210@mail.ru

Abstract. The effect of growth regulators on the biochemical composition of various onion varieties cultivated in the southern forest-steppe of the Republic of Bashkortostan was examined.

The problem and purpose. The level of substance accumulation in bulbs depends not only on the variety's genotype but also on the use of agricultural practices, particularly the use of growth regulators. Currently, there is no unified system for selecting optimal products for specific varieties, and data on their impact on key biochemical parameters are often contradictory. This complicates targeted crop quality management. The purpose of the study was to determine the effect of various growth regulators (Epin Extra, Zircon, Heteroauxin) on the biochemical composition (dry matter, sucrose, and ascorbic acid content) of different onion varieties.

Methodology. The research was conducted in 2021–2023. The field experiment was conducted in experimental fields of the Department of Plant Growing, Plant Breeding, and Biotechnology of the Scientific Research Center of Bashkir State Agrarian University. Different onion varieties were studied.

Treatment options included the use of growth regulators: Epin Extra, Zircon, and Heteroauxin; control - no treatment or standard water treatment. Laboratory

analysis - in the Biochemical Analysis and Biotechnology Laboratory of the Scientific Research Center, dry matter content, sucrose content, and ascorbic acid concentration were determined using traditional methods. The data were processed statistically to compare treatments for each variety.

Results. Dry matter content was for Iglinsky 2 variety - maximum 18.35% (Epin-Extra variant); Strigunovsky local (st) variety - 17.03% (Zircon variant); Red Baron variety - 16.81% (Epin-Extra variant). Sucrose content was for Red Baron variety - 2.60% (Epin-Extra variant); Iglinsky 2 variety - 2.46% (Zircon variant); Strigunovsky local (st) variety - 2.00% (Heteroauxin variant); Ascorbic acid content was for Iglinsky 2 variety - 19.40 mg% (Epin-Extra variant); Red Baron variety - 16.43 mg% (Heteroauxin variant); Strigunovsky Local (ST) variety - 11.8 mg% (Heteroauxin variant). The effect of growth regulators was found to be specific to each variety.

Conclusion. The highest values for individual components (dry matter, sucrose, ascorbic acid) were achieved with the individual selection of the product for a specific variety. A promising area for further research is the combined use of growth regulators with mineral nutrients for comprehensive improvement of the biochemical composition of bulbs.

Keywords: onion, biology, variety, growth regulator, sucrose, dry matter, ascorbic acid

Введение

Лук репчатый относится к двулетним растениям. На образование семян влияют разные факторы, в том числе принятая технология возделывания в конкретной почвенно-климатической зоне. Так, семена образуются на второй год жизни [6], но в условиях Черноземной полосы у большинства сортов семена получают только на третий год [5].

Луковица представляет собой укороченный стебель – донце с вегетативными и генеративными почками, защищенными сочными чешуями. Утолщенные основания листьев образуют открытые чешуи с высоким содержанием воды и сахаров, являются источником энергии, а видоизмененные листья, представленные закрытыми чешуями, богаты белками и являются строительным материалом для будущих луковиц [5, 6, 7].

Почки закладывают на донце осенью и весной.

Каждая луковица прикрепляется своим донцем к общему донцу (стеблю). Размножение вегетативное [6, 7].

Сортовым отличием является разделение лука на группы: мало- и многозачатковые.

Луковица защищена сухими чешуями, окраска которых зависит от сорта. Из генеративных почек развиваются цветочные стрелки, на которых образуются семена [1,3]. Семена (чернушка) лука репчатого черного цвета, округло-трехгранной формы, морщинистые. В 1 г содержится около 300 семян. Набухают и прорастают семена медленно: при благоприятных условиях

первые всходы появляются обычно через 8-10 дней и более. Недостаток влаги и тепла может затянуть появление всходов еще на 2-3 недели [4, 6, 9].

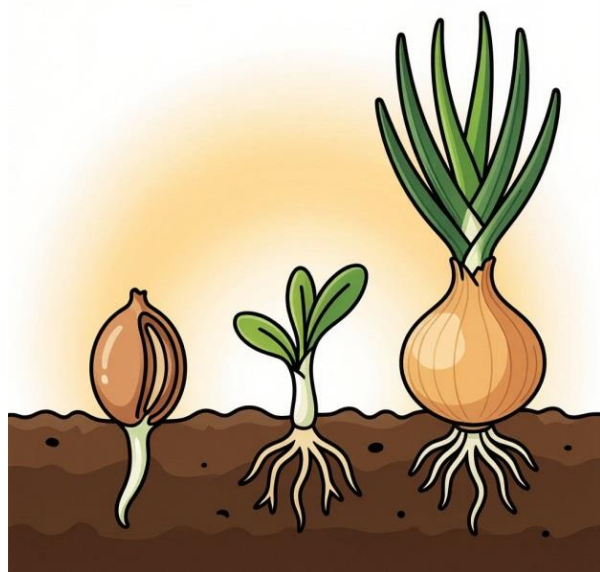


Рисунок 1 - Схема строения и последовательность фаз произрастания семян лука репчатого

Figure 1- Diagram of the emergence and growth phase of onion seeds

Всходы лука появляются в виде петельки, которую образует семядоля. Ее основание вытягивается и на поверхности петелька распрямляется через 4...5 дней (рисунок 1). Учитывая это, семена лука заделывают не глубоко, чтобы не повредить растение в процессе роста. Сразу после выпрямления петельки развиваются настоящие трубчатые листья. Лук репчатый в первое время растет и развивается очень медленно, поэтому борьба с сорняками и своевременное рыхление посевов лука имеют первостепенное значение [3, 4, 5]. Основная масса корней в период наибольшего роста растений размещается только в пределах пахотного слоя,

тогда как у кочанной капусты длина корней достигает 1,5 м, у моркови - 2,4 м, а у свеклы - свыше 3 м. Корни у лука репчатого несколько разветвляющиеся и в основном струновидные. Так как корневая система лука относительно слабо развита, его необходимо возделывать на чистых от сорняков, плодородных и достаточно увлажненных или удобных для орошения почвах. Малопродуктивные и засоренные сорняками почвы снижают урожай в 2...3 раза [3, 5, 8].

К биологическим особенностям лука репчатого, что необходимо учитывать при его возделывании, относятся, во-первых, способность при неблагоприятных условиях (засухе, недостатке питательных веществ в почве, уплотнении почвы, появлении корки и т.д.) быстро формировать луковичу и впадать в состояние покоя. Во-вторых, в результате неудовлетворительной агротехники или несвоевременного применения некоторых агроприемов можно недобрать значительную часть урожая товарного лука. Эта особенность лука используется при выращивании севка из семян (чернушки), когда вследствие загущенного стояния растений рано останавливаются в росте из-за недостатка пищи и воды - луковичи переходят в состояние покоя, при этом, чем раньше лук севок закончил рост, тем глубже период покоя и тем позже лук из него выходит [6].

Продовольственный лук можно получать в один или два года или несколько лет в зависимости от способа выращивания. В Черноземной полосе лук репку можно выращивать в однолетней культуре посевом

чернушки непосредственно в грунт (10...12 кг на 1 га) и из рассады (4 кг чернушки на 1 га) [5, 7].

Выращивают лук репку и в двулетней культуре, при которой в первый год путем загущенного посева чернушки в грунт (60-80 кг на 1 га) получают мелкие луковицы - лук севок (10-20 млн. растений на 1 га), а на следующий год из севка выращивают товарный лук репку. Этот способ наиболее распространён в Черноземной полосе.

В северных районах Черноземной полосы широко применяется способ вегетативного размножения лука репчатого. Для этой цели используют местные многогнездные сорта, из продукции, выращенной для продовольственных целей, отбирают некрупные луковицы (10...20 г) - выборки, который высаживают весной следующего года [4].

Для семеноводческих целей важны закладка и формирование в луковице цветочной стрелки. Если при вегетативном способе размножения появление цветочных стрелок считается браком продукции, то на семенных участках раннее и дружное появление цветочных стрелок имеет большое значение. Цветочная стрелка (генеративный орган) закладывается в период хранения при температуре 3...10 °С в декабре - январе (в зависимости от сорта) [6].

В зависимости от сорта количество стрелок на семенном растении может быть различным (от 1 до 20), причем многозачатковые сорта дают много невысоких стрелок (60...80 см), а малозачатковые - небольшое число высоких стрелок (до 150 см). Цветочная стрелка полая, зеленая, со вздутием в средней ее части, покрыта восковым налетом. Одновременно она является и органом фотосинтеза, обеспечивая тем самым формирование и налив семян. Стрелка заканчивается шаровидным соцветием (зонтиком), состоящим из 350...650 цветков. Завязь - шестигнездная коробочка. В каждом гнезде располагается по 2 семени [5, 6].

Продолжительность цветения зонтика в Черноземной полосе колеблется от 3 до 4 недель и более. В соцветии цветки и бутоны расположены в три яруса, что ведет к неодновременному созреванию семян, а это, в свою очередь, может быть причиной потери части урожая. Для предотвращения этого проводится дозревание семян. Этот процесс проводят при созревании коробочек первого яруса, а семена второго и третьего ярусов еще не созрели и во время просушки срезанных семенников способны дозреть за счет пластических веществ, находящихся в стрелке.

Учитывая биологические особенности и экологические требования культуры, поставлена цель – определить влияние различных регуляторов роста (Эпин-Экстра, Циркон, Гетероауксин) на биохимический состав (содержание сухого вещества, сахарозы, аскорбиновой кислоты) у ряда сортов лука репчатого (Иглинский 2, Стригуновский местный, Ред Барон) для выявления наиболее эффективных сочетаний «сорт - препарат» с точки зрения повышения пищевой ценности продукции.

Материал и методы исследований

Полевые опыты проводились в течение трех лет (2021-2023 гг.) на полях кафедры растениеводства, селекции растений и биотехнологии учебно-научного центра ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет», лабораторные исследования - в лаборатории биохимического анализа и биотехнологии НОЦ ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ.

Почва опытного участка - чернозем выщелоченный, валовый азот, определенный методом Кьельдаля, содержится в количестве 0,33%, валовый фосфор - 0,12%, подвижный фосфор по Чирикову - 100 мг/кг. Содержание валового калия в среднем составляет 1,3%, подвижного калия по Чирикову с использованием пламенного фотометра - 330 мг/кг почвы. Мощность гумусового горизонта на пахотных угодьях достигает 45-50 см, что соответствует хорошей степени обеспеченности.

Объектом исследований служили сорта лука репчатого Стригуновский местный, Иглинский 2 и Ред Барон.

Опыты закладывались в трехкратной повторности на делянке площадью 4 м². Посадка лука севка была произведена в I-ой декаде мая, при двух схемах: рядовая с шириной междурядья 45 см и ленточная 40+40+60 см, междурядье 2,4,6 и 8 см в ленте (рисунок 2).

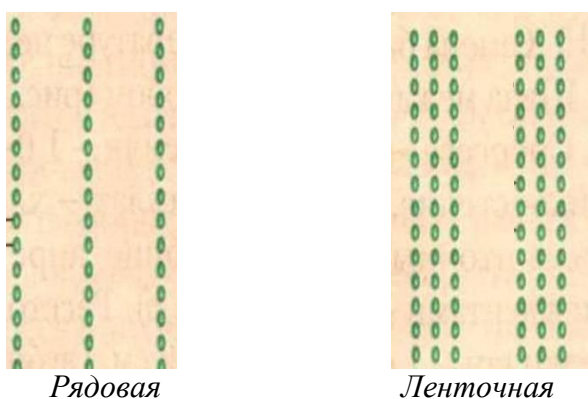


Рисунок 2 - Схема посадки лука в опыте

Figure 2 - Onion planting pattern in the experiment

Последняя схема удобна для применения машин при возделывании лука репчатого. Массовое полегание листьев в период исследований отмечено в середине III-ей декад июля – I-ой декаде августа, когда луковицы уже сформировались, и наружные чешуи частично приобрели свойственную для сорта окраску. В этот период приступали к ручной уборке, после уборки просушивали урожай на открытом воздухе, и после просушивания закладывали на хранение.

Закладку полевого опыта, агротехника возделывания, сопутствующие наблюдения проводили по общепринятым методикам [4]. В лаборатории биохимического анализа и биотехнологии НОЦ Башкирского государственного аграрного университета были проведены исследования по

определению биохимических качеств луковицы - содержание сухого вещества (по Ермаковой, 1987), сахарозы (по Бертрану, 1906), витамина С (по Мурри). Статистическая обработка основных результатов исследований проведена с использованием Excel. Некоторые результаты обработки разностным и дисперсионным методами (Доспехов, 1985).

Результаты исследований и их обсуждение

Погодные условия в период проведения исследований в 2021-2023 годах несколько различались (таблица 1).

Таблица 1 - Погодные условия по данным Уфа-Дема

Месяцы	Среднесуточная температура воздуха, °С				Сумма осадков, мм			
	2021 год	2022 год	2023 год	средне-многолетняя	2021 год	2022 год	2023 год	средне-многолетняя
V	18,5	10,9	15,8	13,7	9	69	32	51
VI	20,7	16,6	16,5	17,9	20	123	18	63
VII	20,7	25,0	21,7	19,8	20	54,6	34	51
VIII	24,4	23,0	18,2	17,6	0,6	54,9	18	54
НСР ₀₅	4,4	3,8	4,0		3,1	5,3	3,4	

Как видно из приведенных в таблице 1 данных, вегетационный период 2021 года характеризовался достаточной влажностью для роста и развития лука репчатого, в мае осадков было немного, но в июне их выпало в 2,5 раза больше, что позволило растениям не испытывать дефицита воды. Однако в июле уже ощущался недостаток воды на фоне повышения температуры воздуха, что привело к усыханию растений и раннему формированию луковиц.

2022 год был по влагообеспеченности более благоприятный для растений. В мае количество осадков было достаточно, в июне они носили ливневый характер и их количество возросло в 2 раза. В июле содержание воды в почве было снижено из-за повышения температуры воздуха. В целом, вегетационный период этого года был практически таким же, как и предыдущего.

2023 год характеризовался засушливыми периодами, что для лука репчатого является стрессом. Самым засушливым был июнь, а в мае и июле дефицит воды составил в 1,5 раза по сравнению со среднемноголетними значениями. Теплообеспеченность растений в эти месяцы была ниже среднемноголетней. В целом, влагообеспеченность трех лет исследований была в пределах среднемноголетних значений, что подтверждено приведенными ниже расчетами.

По формуле рассчитана НСР₀₅ при уровне значимости 5% для каждого года:

$$HCP_{05} = t_{05} \sqrt{2 \frac{MSE}{n}} \quad (1)$$

где t_{05} – табличное значение критерия Стьюдента для уровня значимости 0,05 (2,101 для больших выборок);

MSE — среднеквадратичное отклонение (остаточная дисперсия) из дисперсионного анализа;

n — число повторностей (наблюдений).

Для n=3 число степеней свободы $df=n-1=2$, $df=n-1=2$.

По таблице распределения Стьюдента:

$t_{05, df=2} \approx 4,303$, $t_{0,05, df=2} \approx 4,303$.

$HCP_{05} = 4,303 \cdot 2 \cdot 2,13$, $HCP_{05} = 4,303 \cdot 2 \cdot 32,1$.

Вычислим по частям:

1. $2 \approx 1,41422 \approx 1,4142$;
2. $3 \approx 1,73213 \approx 1,7321$;
3. $2,11,7321 \approx 1,21241,73212,1 \approx 1,2124$;
4. $1,4142 \cdot 1,2124 \approx 1,7141,4142 \cdot 1,2124 \approx 1,714$;
5. $4,303 \cdot 1,714 \approx 7,374,303 \cdot 1,714 \approx 7,37$.

$HCP_{05} \approx 7,37$ мм и $HCP_{05} \approx 7,37$ мм

$HCP_{05} \approx 7,37$ мм — это порог, который показывает, существенны ли различия между средними значениями при уровне значимости 5 % (то есть с доверительной вероятностью 95 %). При средних фактических осадках в июле и среднемноголетних разница составила примерно 3 мм

Сравниваем эту разницу с HCP_{05} : $3 < 7,37$, то есть разница меньше HCP_{05} , что говорит о статистически несущественных различиях в посадках.

Рассмотрим влияние регуляторов роста по каждому исследуемому сорту.

Сорт Стригуновский местный. Внесение регуляторов роста (Эпин-Экстра, Гетероауксин и Циркон) при выращивании способствовало повышению содержания сухого вещества в луковицах к моменту уборки до 15,46...17,03 % в сравнении с контролем (0,34...1,23 %), то есть регуляторы роста способствовали активизации процессов биосинтеза аминокислот и белков, необходимых для формирования тканей растений. Максимальное содержание сухого вещества (17,03 %), установлено варианте Циркон, то есть повышение содержания сухого вещества делает лук вкуснее и ароматнее благодаря концентрации сахаров, эфирных масел и органических кислот. Лук становится насыщеннее, что особенно важно в кулинарии при жарке, запекании, мариновании.

Одним из важных факторов его внесения является изменение биохимического состава культуры, включая повышение содержания сахарозы. Достоверно более высокое различие было с вариантом Контроль (вода) при внесении регулятора роста Гетероауксин в 0,83 %, то есть такое повышение содержания сахарозы может иметь серьёзные последствия для качества выращиваемого сорта. Лук репчатый с понижением уровня сахарозы варианте Эпин-Экстра в 0,61% при сравнении с контролем (вода)

теряет характерный сладкий вкус, приобретает горечь и хуже сохраняется. Установили, что содержание сахарозы варианте Циркон, при сравнении с Контроль (вода) 0,17%, то есть сахароза в луке репчатом коррелирует с показателем общей сахаристости.

Содержание витамина С в луковицах возросло на 4,87 мг% варианте Гетероауксин, то есть опрыскивание регулятором роста способствовало положительному влиянию на содержание витамина С. Рациональное использование регулятора роста Эпин-Экстра позволило добиться значительного снижения содержания аскорбиновой кислоты в 1,87 мг%, т.е. применение регулятора роста в период вегетации, оказывает значительное снижение на биохимические качества лука репчатого, включая содержание витамина С. При применении регулятора роста Циркон получили минимальный показатель при сравнении с Контроль (вода) 1,3 мг%, данный препарат является сильным стимулятором роста и корнеобразования, также активизирует деление клеток растения и синтез ауксинов.

Сорт Иглинский 2. Содержание сухого вещества в луковице составляет 13...20 % от массы свежей луковицы, остальные 80...87 % это вода. Наибольшее содержание сухого вещества 18,35 % варианте с регулятором роста Эпин-Экстра, то есть увеличение содержания сухого вещества в луковицах при опрыскивании регулятором роста Эпин-Экстра - является научно-обоснованным эффектом.

При опрыскивании регулятором роста зафиксировано колебание прироста сухого вещества от 0,95 % до 1,9 % от массы свежей луковицы, т.е. данный факт, вполне ожидаемый и объяснимый комплексным влиянием агротехнических, погодных и препаративных факторов. Разброс результатов указывает на значительный потенциал для оптимизации технологии применения регулятора роста, с целью достижения стабильно высоких показателей увеличения сухого вещества, что особенно важно для лука репчатого, предназначенного на хранение и переработку.

Установлено положительное действие применения регулятора роста на содержание сахарозы в луковице: увеличение суммы сахаров на 0,41 % на варианте Эпин-Экстра, то есть внесение регулятора роста показал положительный эффект, свидетельствующий о стимуляции синтеза или накопления сахарозы; варианте с регулятором роста Гетероауксин содержание сахарозы составила 0,22 %, это указывает на положительное влияние примененного регулятора роста, на накопление сахарозы в луковицах лука репчатого в условиях данного исследования. При сравнении Циркон и Контроль (вода) установили наибольшее количество сахарозы в луке репчатом Башкирской селекции в 1,03%, то есть наличие сахарозы дает горечь и остроту.

Установлено, положительное действие внесение регуляторов роста на накопление аскорбиновой кислоты в луковице - до 19,40 мг% варианте с регулятором роста Эпин-Экстра, то есть повышение содержания

аскорбиновой кислоты в луке репчатом под действием регулятора роста достигается 1,5...40 % при выборе регулятора роста согласно сортовой специфики. По сорту лука репчатого Иглинский 2, содержание витамина С варьировало от 7,33 до 11,6 мг %, в зависимости от варианта.

Сорт Ред Барон. Содержание сухого вещества от 13,55 % варианта Циркон, то есть результат наших опытов показал положительное влияние сбалансированного применения регулятора роста на накопление сухого вещества до 16,81 % варианта Эпин-Экстра, действие регулятора роста могут усиливать метаболические процесс, синтез углеводов и белков, что ведет к накоплению сухих веществ.

Сахароза - это дисахарид, состоящий из одной молекулы глюкозы и одной молекулы фруктозы. Нами зафиксировано количество сахарозы в луковицах от 1,40 % на контроле (вода), то есть данный вариант показывает: сколько сахарозы накапливает сорт без дополнительных ресурсов и без антистрессовой поддержки в условиях эксперимента до 2,46 % варианте Циркон, то есть данный результат абсолютно укладывается в ожидаемый диапазон для полуострого красного лука, особенно на момент уборки.

Применение регуляторов роста (Эпин-Экстра, Гетероауксин и Циркон) способствовало росту концентрации витамина С в луковиче с 4,77 до 16,43 мг% в сравнении с контролем, то есть неоднозначный эффект Эпин-Экстра, Гетероауксин и Циркон не оказали единообразного влияния на содержание аскорбиновой кислоты.

В таблице 2 приведены результаты исследований.

Таблица 2 - Биохимический состав различных сортов лука репчатого (среднее за 2021...2023 гг.)

Вариант	Сухое вещество, %	Сахароза, %	Витамин С, мг%
1	2	3	4
Стригуновский местный (st)			
Контроль (вода)	16,69±1,4	1,17±0,4	6,93±0,9
Эпин-Экстра	16,35±1,2	1,78±0,1	8,8±1,0
Гетероауксин	15,46±1,1	2,00±0,2	11,8±0,9
Циркон	17,03±1,2	1,34±0,1	8,23±0,7
Среднее по опыту	16,3	1,57	8,94
Иглинский 2			
Контроль (вода)	17,40±1,6	1,43±0,1	7,33±1,1
Эпин-Экстра	18,35±1,8	1,84±0,1	19,40±1,9
Гетероауксин	15,50±1,3	1,65±0,1	11,6±1,2
Циркон	17,36±1,5	2,46±0,2	8,83±1,1
Среднее по опыту	17,1	1,84	11,79

Ред Барон			
1	2	3	4
Контроль (вода)	15,62±1,3	1,40±0,1	4,77±1,2
Эпин-Экстра	16,81±1,5	2,60±0,1	13,1±1,6
Гетероауксин	14,32±1,2	1,66±0,2	16,43±1,5
Циркон	13,55±1,2	2,40±0,3	14,43±1,4
Среднее по опыту	15,0	2,01	12,8

$p < 0,99$

Таким образом, из приведенных в таблице 2 данных видно, что растения разных сортов реагировали на обработку регулятором роста по-разному. Проведенный статистический анализ подтвердил различия по содержанию исследуемых показателей в зависимости от регулятора роста (таблица 3).

Таблица 3 – Различия по содержанию витамина С в луке сорта Ред Барон и регулятору роста

Вариант	Средняя $\bar{x}$	Стандартное отклонение – $\delta_{\text{ср}}$	Число наблюдений в опыте – N	Разность – d	Стандартное отклонение – $\delta_{\text{ср}}$	Коэффициент Стьюдента – t	Степень свободы – v	Уровень значимости – p
витамин С								
Контроль (вода)	4,77±1,2	0,22	10					
Эпин-Экстра	13,1±1,6	1,34	10	-21,8	3,08	-43,6	8	0,001
Гетероауксин	16,43±1,5	2,12	10	-27,9	2,98	-44,3	8	0,001
Циркон	14,43±1,4	1,09	10	-17,4	3,11	-62,8	8	0,001

Полученная зависимость имеет вид:

$$z = 2,7 - 1,70x + 21,10y + 0,11x^2 - 0,17xy - 0,52y^2, \quad (2)$$

где z – витамин С, мг%;

x – доза регулятора роста;

y – содержание в почве питательных веществ.

По полученному уравнению можно спрогнозировать содержание витамина С в луковице данного сорта при обработке регуляторами роста.

Заключение

Обобщая полученные результаты исследований, установлено разное влияние регуляторов роста на различные сорта лука. Так, содержание сухого вещества выше у сорта Иглинский 2 - 18,35 % варианте Эпин-Экстра, а сорт Стригуновский местный (st), к примеру, дал сухого вещества больше при обработке Цирконом - 17,03 %, у сорта Ред Барон - 16,81 % варианте Эпин-

Экстра. Максимальное количество сахарозы по сортам: Сорт Ред Барон накопил больше сахарозы 2,60 % на варианте с внесением Эпин-Экстра, у сорта Иглинский 2 - 2,46 % на варианте Циркон и у сорта Стригуновский местный (st) 2,00 % на варианта Гетероауксин. Наибольшее количество аскорбиновой кислоты содержится в сорте Иглинский 2 - 19,40 мг% варианта Эпин-Экстра, сорте Ред Барон - 16,43 мг% варианта Гетероауксин и у сорта Стригуновский местный (st) - 11,8 мг% варианта Гетероауксин.

Библиографический список

1. Ишанкулова, Б.А. Значение лука розенбаха (сиёхалаф) и лука гигантского регеля (мохдил) в укреплении здоровья населения / Б.А. Ишанкулова, Ш.Н. Халилова // Вестник Авиценны.- 2017.- Т.19. - №1.- С. 109-112. DOI: 10.25005/2074-0581-2017-19-1-109-112
2. Карпенко, Н. П. Оценка динамики гумуса почв и продукционного потенциала сельхозкультур основных природно-климатических зон России / Карпенко Н. П. // Сетевой научный журнал РГАТУ, 2024. - №2(4). - С.23-36 DOI 10.36508/journal.2024.93.18.004
3. Новак, А.И. Эколого-агрохимическая оценка возможности возделывания сельскохозяйственных культур вблизи источников загрязнения / А.И. Новак, Ребух Назих Ясер, О.Д. Кучер // Сетевой научный журнал РГАТУ, 2023. - №2(2). - С. 1-13. DOI 10.36508/journal.2023.23.40.002
4. Черкашина, А. Г. Комплексная методика анализа и оформления результатов экспериментальных исследований / А. Г. Черкашина, М. И. Черкашина // Научная жизнь. – 2026. – Т. 21, № 1(145). – С. 414-419. – DOI 10.35679/1991-9476-2026-21-1-414-419
5. Черкашина, М.И. Применение различных регуляторов роста в растениеводстве / М. И. Черкашина, Е. Е. Степура, Р. Р. Алимгафаров [и др.] // Научная жизнь. – 2026. – Т. 21, № 1(145). – С. 68-76. DOI 10.35679/1991-9476-2026-21-1-68-76
6. Федосов А.Ю. Роль кальция в системе питания лука репчатого (обзор) / А.Ю. Федосов, И.Ю. Васючков, М.И. Иванова, А.М. Меньших // Аграрная Россия. – 2024. - №9. – С.39-43. DOI: 10.30906/1999-5636-2024-9-39-43
7. Шишкина, Е.В. Итоги адаптации интродуцированных образцов лука алтайского / Е.В. Шишкина, С.В. Жаркова // Международный журнал гуманитарных и естественных наук.- 2020.- №7-2 (46). – С. 83-85. DOI: 10.24411/2500-1000-2020-10890
8. Шишкина, Е.В. Сорт лука батун «Премьера» для условий юга Западной Сибири / Е.В. Шишкина, С.В. Жаркова, О.В. Малыхина // Овощи России. – 2019. - № 1 (45).- С. 65-67. DOI: 10.18619/2072-9146-2019-1-65-67
9. Cherkashina M. Yield of different onion varieties depending on the level of mineral nutrition and growth regulators in the conditions of the Southern Forest-steppe of the Republic of Bashkortostan / M. Cherkashina, R. Alimgafarov, I. Kuznetsov, A. Cherkashina // X International Annual Conference "Industrial

Technologies and Engineering" (ICITE 2023), Shymkent, Kazakhstan, 09-10 ноября 2023 года. Vol. 474. - Les Ulis, 2024. - 03007. DOI: 10.1051/e3sconf/202447403007

References

1. Ishankulova, B.A. Significance of the *allium rosenbachianum* (siyohalaf) and the *allium giant regel* (mokhdil) in improving population health / B.A. Ishankulova, Sh.N. Halilova // *Avicenna Bulletin*. - 2017. - Vol. 19. - No. 1.- P. 109-112. DOI: 10.25005/2074-0581-2017-19-1-109-112
2. Karpenko, N.P., Assessment of the dynamics of soil humus and the productive potential of agricultural crops in the main natural-climatic zones of Russia / Karpenko N.P. // *Network scientific journal of RSATU*, 2024. - No. 2(4). - P. 23-36 DOI 10.36508/journal.2024.93.18.004
3. Novak, A.I. Ecological-Agrochemical Evaluation of the Possibility of Cultivating Agricultural Crops Near Sources of Pollution / A.I. Novak, Rebukh Nazih Yaser, O.D. Kucher // *Network scientific journal of RSATU*, 2023. - No. 2(2). - P. 1-13. DOI 10.36508/journal.2023.23.40.002
4. Cherkashina, A.G. Comprehensive Methodology for Analyzing and Presenting the Results of Experimental Research / A.G. Cherkashina, M.I. Cherkashina // *Scientific Life*. - 2026. - Vol. 21, No. 1(145). - P. 414-419. - DOI 10.35679/1991-9476-2026-21-1-414-419
5. Cherkashina, M.I. Application of various growth regulators in plant growing / M.I. Cherkashina, E.E. Stepura, R.R. Alimgafarov [et al.] // *Scientific life*. - 2026. - Vol. 21, No. 1(145). - P. 68-76. DOI 10.35679/1991-9476-2026-21-1-68-76
6. Fedosov A.Yu. Role of calcium in the nutritional system of onions / A.Yu. Fedosov, I.Yu. Vasyuchkov, M.I. Ivanova, A.M. Menshikh // *Agrarian Russia*. - 2024. - No. 9. - P. 39-43. DOI: 10.30906/1999-5636-2024-9-39-43
7. Shishkina, E.V. Results of the Adaptation of Introduced Samples of the Altai Onion / E.V. Shishkina, S.V. Zharkova // *International Journal of Humanities and Natural Sciences*. - 2020. - No. 7-2 (46). - P. 83-85. DOI: 10.24411/2500-1000-2020-10890
8. Shishkina, Ye.V. Welsh onion (*Allium fistulosum*) variety 'Premyera' for conditions of the south of western Siberia / Ye.V. Shishkina, S.V. Zharkova, O.V. Malykhina // *Russian Vegetables*. - 2019. - No. 1 (45). - P. 65-67. DOI: 10.18619/2072-9146-2019-1-65-67
9. Cherkashina M. Yield of different onion varieties depending on the level of mineral nutrition and growth regulators in the conditions of the Southern Forest-steppe of the Republic of Bashkortostan / M. Cherkashina, R. Alimgafarov, I. Kuznetsov, A. Cherkashina // *X International Annual Conference "Industrial Technologies and Engineering" (ICITE 2023)*, Shymkent, Kazakhstan, 2023. Vol. 474. - Les Ulis, 2024. - 03007. DOI: 10.1051/e3sconf/202447403007

Вклад авторов: Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Статья поступила в редакцию 15.05.2026; одобрена после рецензирования 05.06.2026; принята к размещению на сайте 12.06.2026.

Contribution of the authors: All authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication. The authors declare that there is no conflict of interest

The article was submitted 15.05.2026; approved after reviewing 05.06.2026; accepted for publication 12.06.2026