

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ АЗОТНОГО И ФОСФОРНОГО ПИТАНИЯ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО РЕПЧАТОГО ЛУКА

Людмила Анатольевна Антипкина, Виктор Иванович Левин, Татьяна Валерьевна Ерофеева, Вероника Вячеславовна Чурилова, Ирина Александровна Акулина

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», г. Рязань, Россия

¹ LAtalanova@yandex.ru

Аннотация.

Проблема и цель. Количество элементов минерального питания в органах растений связано с их содержанием в зоне корня. [1,2,3,4,5]. Изменение химического состава растительных организмов связано с применением различных форм азотных удобрений, которые не оказывают влияния на накопление фосфора в органах или увеличивают, или понижают его количество, что активизирует адсорбцию анионов фосфора в комплексе с азотом в виде катиона. Цель исследования – изучение влияния азотного и фосфорного питания на урожайность и качество репчатого лука.

Методология. В вегетационных опытах с луком-севком сорта «Стурон» (песчаная культура) растения выращивали в 8-литровых сосудах, содержащих чистый кварцевый песок. Вариант включал 10 сосудов (40 луковиц), повторность трехкратная. Питательные соли вносили в растворенном виде с концентрациями азот/фосфор – 25/5 мг/л, 50/15 мг/л, 100/25 мг/л, 150/35 мг/л и 300/50 мг/л.

Результаты. Лучшие показатели по урожайности (211 г/сосуд) показала концентрация азот/фосфор – 300/50 мг/л. Концентрация фосфор/азот 50/300 мг/л понизила уровень сухого вещества до 16,55%. Высокие концентрации азота и фосфора существенно понизили степень сахаров в луковицах. Высокое количество сахаров (15,28%) установлено на уровне азот/фосфор – 25/25 мг/л. Повышение концентрации азот/фосфор в субстрате уменьшало количество аскорбиновой кислоты в органах лука. Увеличение уровня фосфора в листьях и луковицах было при высоких концентрациях азота не зависимо от концентраций фосфора в субстрате. Концентрации фосфора понизили уровень калия и кальция в листьях и в луковицах - кальция. В луковицах уровень калия не изменялся под влиянием концентраций как азота, так и фосфора.

Заключение. Повышение урожайности лука репчатого связано с зависимостью содержания концентрации азота от концентрации фосфора, т.е. наблюдается синергизм ионов, так повышение концентрации азота прямо пропорционально повышению концентрации фосфора. Увеличение концентрации азота при пониженной концентрации фосфора способствовало повышению урожайности лука репчатого, а затем ее снижению. Различные концентрации азота при оптимальных концентрациях фосфора значительно увеличивали урожайность. Изменение концентрации азота или фосфора в растительных тканях влекло за собой изменение содержания в них других питательных элементов, а также биохимический состав луковиц. Сбалансированное увеличение концентрации как азота, так и фосфора в питательном растворе способствовало повышению его накопления и листьями, и луковицами. Изменение концентрации азота или фосфора в растительных тканях влекло за собой изменение содержания в них других питательных элементов.

Ключевые слова: лук репчатый, азотное и фосфорное питание, урожайность, качество.

Original article

THE INFLUENCE OF NITROGEN AND PHOSPHORUS NUTRITION CONDITIONS ON THE YIELD AND QUALITY OF ONIONS

Lyudmila Anatolyevna Antipkina, Viktor Ivanovich Levin, Tatyana Valeryevna Yerofeeveva, Veronika Vyacheslavovna Churilova, Irina Alexandrovna Akulina

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev"

LAtalanova@yandex.ru

Abstract.

Problem and purpose. The number of elements of mineral nutrition in plant organs is related to their content in the root zone. [1,2,3,4,5]. The change in the chemical composition of plant organisms is associated with the use of various forms of nitrogen fertilizers, which do not affect the accumulation of phosphorus in organs or increase or decrease its amount, which activates the adsorption of phosphorus anions in combination with nitrogen in the form of a cation [1]. The purpose of the study is to study the effect of nitrogen and phosphorus nutrition on the yield and quality of onions.

Methodology. In vegetation experiments with onion-seed of the Sturon variety (sand culture), plants were grown in 8-liter vessels containing pure quartz sand. The variant included 10 vessels (40 bulbs), the repetition was threefold. Nutrient salts were introduced in dissolved form with concentrations of nitrogen/phosphorus – 25/5 mg/l, 50/15 mg/l, 100/25 mg/l, 150/35 mg/l and 300/50 mg/l.

Results. *The best yield indicators (211 g/vessel) were shown by the concentration of nitrogen/phosphorus – 300/50 mg/l. The phosphorus/nitrogen concentration of 50/300 mg/l lowered the dry matter level to 16.55%. High concentrations of nitrogen and phosphorus significantly reduced the degree of sugars in the bulbs. A high amount of sugars (15.28%) was established at the nitrogen/phosphorus level – 25/25 mg/l. An increase in the concentration of nitrogen/phosphorus in the substrate reduced the amount of ascorbic acid in the organs of the onion. The increase in phosphorus levels in leaves and bulbs was at high nitrogen concentrations regardless of phosphorus concentrations in the substrate. Phosphorus concentrations lowered the level of potassium and calcium in the leaves and calcium in the bulbs. The potassium level in the bulbs did not change under the influence of concentrations of both nitrogen and phosphorus.*

Conclusion. *An increase in the yield of onions is associated with the dependence of the nitrogen concentration on the phosphorus concentration, i.e. there is a synergism of ions, so an increase in nitrogen concentration is directly proportional to an increase in phosphorus concentration. An increase in nitrogen concentration with a reduced phosphorus concentration contributed to an increase in the yield of onions, and then its decrease. Different nitrogen concentrations at optimal phosphorus concentrations significantly increased yields. A change in the concentration of nitrogen or phosphorus in plant tissues entailed a change in the content of other nutrients in them, as well as the biochemical composition of the bulbs. A balanced increase in the concentration of both nitrogen and phosphorus in the nutrient solution contributed to an increase in its accumulation by both leaves and bulbs. A change in the concentration of nitrogen or phosphorus in plant tissues entailed a change in the content of other nutrients in them.*

Keywords: *onion, nitrogen and phosphorus nutrition, yield, quality.*

Введение

В тканях растений содержание того или другого элемента не постоянно и под влиянием факторов внешней среды может сильно изменяться. Дефицитным элементом для растительных организмов является азот. Не менее важным элементом питания для растений по сравнению с азотом считается фосфор. Уровень элементов минерального питания в окружающей среде практически не соотносится с их количеством в клетках.

Лук репчатый - одна из самых универсальных овощных культур, употребляемых в пищу круглогодично. Биохимический состав лука, как и других овощных культур, может изменяться под действием физиологически активных веществ, удобрений. Одним наиболее важным показателем биохимического состава овощной продукции является содержание сухого вещества, от которого зависит эффективность и возможность переработки и хранения. Минеральные удобрения могут снижать количество сухого вещества в луковицах - непосредственно переизбыток азотных удобрений, а их недостаток повышает этот параметр [1,2,3,4,5,6]. Цель исследования – изучение влияния азотного и фосфорного питания на урожайность и качество репчатого

лука.

Материалы и методы исследований

В опытах с сортом лука-севка «Стурон» (песчаная культура) растения выращивали в 8-литровых сосудах, содержащих чистый кварцевый песок. Вариант включал 10 сосудов (40 луковиц) в 3-х-кратной повторности. Соли (кальциевая селитра, калиевая селитра, аммонийная селитра, калий фосфорнокислый однозамещенный, сульфат магния, сульфат кальция) применяли в виде растворов с концентрациями азот/фосфор - 25/5 мг/л, 50/15 мг/л, 100/25 мг/л, 150/35 мг/л и 300/50 мг/л.

Результаты исследований и их обсуждение

Исследованиями установлено увеличение урожайности лука репчатого под действием возрастающих концентраций фосфора и азота в питательном растворе (таблица 1).

Таблица 1 – Урожайность лука репчатого под влиянием условий азотного и фосфорного питания (г/сосуд)

Концентрация азота, мг/л	Концентрация фосфора, мг/л				
	5	15	25	35	50
25	81	90	98	94	95
50	121	136	141	138	143
100	141	168	185	181	185
150	135	171	199	206	205
300	79	126	197	209	211

$НСР_{005} = 15,4$; $НСР_{001} = 19,2$

Лучшие показатели по урожайности (211 г/сосуд) показала концентрация азот/фосфор – 300/50 мг/л, наименьшие (81 г/сосуд) – концентрация 5/25 мг/л. Эксперимент доказал синергизм таких элементов минерального питания, как азот и фосфор, что способствовало повышению урожайности ($НСР_{005} = 18,2$; $НСР_{001} = 24,0$).

Изучаемые элементы минерального питания изменили содержание сухого вещества в луковицах (таблица 2).

Таблица 2 – Содержание сухого вещества в луковицах под действием условий азотного и фосфорного питания, %

Концентрация азота, мг/л	Концентрация фосфора, мг/л				
	5	15	25	35	50
25	19,91	19,21	19,05	19,12	18,37
50	19,63	18,54	18,32	17,86	18,11
100	19,33	18,42	17,63	17,57	17,42
150	18,11	18,55	17,66	17,48	17,22
300	16,74	17,57	17,43	16,85	16,34

$НСР_{005} = 0,45$; $НСР_{001} = 0,61$

Снижение содержания сухого вещества в луковицах наблюдалось при высоких концентрациях фосфора и возрастании количества в питательном субстрате

азота при любом уровне фосфорного питания. Уровень сухого вещества составил 16,74% при наименьшей концентрации фосфора - 5 мг/л и при высокой концентрации азота 300 мг/л (таблица 3).

В луковичах количество сахаров существенно уменьшалось под влиянием больших доз исследуемых элементов. Лучшие показатели по содержанию сахаров в луковичах (15,28%) установлены при концентрации фосфор/азот 25/25 мг/л, самые низкие (10,55%) – 300/50 мг/л.

Таблица 3 – Содержание сахаров луковичами под действием азотного и фосфорного питания, %

Концентрация азота, мг/л	Концентрация фосфора, мг/л				
	5	15	25	35	50
25	14,44	15,22	15,23	15,12	14,09
50	14,04	13,73	13,77	13,23	13,54
100	13,51	13,24	12,86	12,76	12,86
150	12,26	13,45	12,15	12,06	11,67
300	10,91	12,84	12,29	11,73	10,55

$НСР_{005} = 0,78$; $НСР_{001} = 1,21$

Наименьшее количество аскорбиновой кислоты в луковичах (6,12 мг%) установлено при концентрации азот/фосфор 300/50 мг/л (таблица 4), лучший показатель (15,23 мг%) - при концентрации азот/фосфор 25/25 мг/л.

Таблица 4 – Содержание аскорбиновой кислоты в луковичах в зависимости от условий азотного и фосфорного питания, мг%

Концентрация азота, мг/л	Концентрация фосфора, мг/л				
	5	15	25	35	50
25	7,51	7,57	7,33	7,04	7,31
50	7,22	7,21	7,11	7,31	7,35
100	7,41	7,23	7,14	7,13	7,12
150	7,52	7,42	7,22	7,17	6,23
300	7,56	7,35	6,53	6,76	6,12

$НСР_{005} = 0,56$; $НСР_{001} = 0,74$

Экспериментами установлена прямая зависимость между уровнем азота в питательном растворе и его количеством в органах лука (таблица 5).

Таблица 5 – Динамика накопления азота листьями лука/луковичами (% на абсолютно сухое вещество) при условиях азотного и фосфорного питания

Концентрация азота, мг/л	Концентрация фосфора, мг/л				
	5	15	25	35	50
25	<u>1,87</u>	<u>2,04</u>	<u>1,97</u>	<u>2,00</u>	<u>2,10</u>
	0,77	0,84	0,88	0,78	0,82
50	<u>2,51</u>	<u>2,51</u>	<u>2,45</u>	<u>2,41</u>	<u>2,51</u>
	0,88	0,89	0,87	0,96	1,07
100	<u>2,82</u>	<u>2,88</u>	<u>2,77</u>	<u>2,89</u>	<u>2,76</u>
	1,27	1,39	1,31	1,45	1,31
150	<u>3,10</u>	<u>3,02</u>	<u>3,14</u>	<u>3,09</u>	<u>3,11</u>
	1,51	1,51	1,60	1,63	1,60

300	<u>4,32</u> 2,15	<u>3,99</u> 2,20	<u>3,82</u> 2,13	<u>3,75</u> 2,20	<u>3,74</u> 2,24
-----	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------

$HCP_{005} = 0,15/0,13$; $HCP_{001} = 0,19/0,15$

В исследованиях наблюдается положительная динамика в сторону увеличения содержания фосфора в органах лука в связи с повышением концентрации фосфора (таблица 6).

Низкие концентрации как азота, так и фосфора способствовали более высокому накоплению фосфора именно листьями, по сравнению с луковицами. В эксперименте прослеживается обратный эффект с концентрациями фосфора в листьях и в луковицах. Наименьшая концентрация фосфора привела к активному накоплению его луковицами, но не листьями, а высокая концентрация способствовала снижению накопления его луковицами. Увеличение концентрации азота в питательном растворе привело к накоплению фосфора как листьями, так и луковицами при любых концентрациях фосфора. Сбалансированное увеличение концентрации изучаемых элементов повысило уровень фосфора в органах лука.

Таблица 6 – Уровень фосфора в листьях лука/луковицах (% на абсолютно сухое вещество) в зависимости от условий азотного и фосфорного питания

Концентрация азота, мг/л	Концентрация фосфора, мг/л				
	5	15	25	35	50
25	<u>0,191</u>	<u>0,218</u>	<u>0,286</u>	<u>0,365</u>	<u>0,687</u>
	0,092	0,124	0,214	0,221	0,322
50	<u>0,172</u>	<u>0,192</u>	<u>0,262</u>	<u>0,279</u>	<u>0,477</u>
	0,093	0,143	0,204	0,248	0,338
100	<u>0,134</u>	<u>0,179</u>	<u>0,215</u>	<u>0,257</u>	<u>0,358</u>
	0,085	0,145	0,231	0,279	0,320
150	<u>0,122</u>	<u>0,176</u>	<u>0,203</u>	<u>0,230</u>	<u>0,334</u>
	0,083	0,144	0,222	0,257	0,402
300	<u>0,143</u>	<u>0,161</u>	<u>0,200</u>	<u>0,271</u>	<u>0,411</u>
	0,125	0,165	0,217	0,270	0,407

$HCP_{005} = 0,17/0,19$; $HCP_{001} = 0,15/0,18$

Динамика накопление листьями калия, кальция и магния (таблица 7) снижается под влиянием как всех концентраций азота.

Таблица 7 – Содержание калия/кальция/магния в листьях лука (% на абсолютно сухое вещество) в зависимости от условий азотного и фосфорного питания

Концентрация азота, мг/л	Концентрация фосфора, мг/л				
	5	10	20	30	60
25	<u>3,78</u>	<u>3,89</u>	<u>3,65</u>	<u>3,32</u>	<u>3,42</u>
	<u>1,52</u>	<u>1,92</u>	<u>1,69</u>	<u>1,62</u>	<u>1,47</u>
	0,190	0,225	0,245	0,218	0,201
50	<u>4,11</u>	<u>4,04</u>	<u>3,74</u>	<u>4,16</u>	<u>4,15</u>
	<u>1,59</u>	<u>1,99</u>	<u>1,70</u>	<u>1,75</u>	1,74
	0,189	0,217	0,242	0,234	0,241

100	<u>4,04</u> <u>1,45</u> 0,187	<u>3,76</u> <u>1,68</u> 0,197	<u>3,75</u> <u>1,71</u> 0,251	<u>4,12</u> <u>1,93</u> 0,241	<u>3,99</u> <u>1,70</u> 0,234
150	<u>3,78</u> <u>1,34</u> 0,182	<u>3,60</u> <u>1,53</u> 0,190	<u>3,80</u> <u>1,68</u> 0,234	<u>3,43</u> <u>1,57</u> 0,225	<u>3,54</u> <u>1,57</u> 0,220
300	<u>3,99</u> <u>1,35</u> 0,182	<u>3,54</u> <u>1,45</u> 0,182	<u>3,42</u> <u>1,50</u> 0,211	<u>3,52</u> <u>1,38</u> 0,195	<u>3,54</u> <u>1,46</u> 0,178

НСР₀₀₅ = 0,451/0,18/0,019; НСР₀₀₁ = 0,71/0,30/0,041

Так же снижалось накопление листьями калия и кальция под действием концентраций фосфора.

В луковицах уровень калия не изменялся под влиянием концентраций как азота, так и фосфора (таблица 8).

Таблица 8 – Концентрация калия/кальция/магния в луковицах (% на абсолютно сухое вещество) в зависимости от условий азотного и фосфорного питания

Концентрация азота, мг/л	Концентрация фосфора, мг/л				
	5	10	20	30	60
25	<u>1,75</u> <u>0,377</u> 0,141	<u>1,83</u> <u>0,408</u> 0,127	<u>1,79</u> <u>0,338</u> 0,132	<u>1,87</u> <u>0,325</u> 0,140	<u>1,93</u> <u>0,308</u> 0,140
50	<u>1,73</u> <u>0,377</u> 0,140	<u>1,71</u> <u>0,466</u> 0,148	<u>1,74</u> <u>0,405</u> 0,132	<u>1,83</u> <u>0,314</u> 0,150	<u>1,78</u> <u>0,365</u> 0,149
100	<u>1,77</u> <u>0,395</u> 0,136	<u>1,91</u> <u>0,460</u> 0,136	<u>1,85</u> <u>0,425</u> 0,137	<u>1,89</u> <u>0,346</u> 0,135	<u>1,82</u> <u>0,278</u> 0,130
150	<u>1,74</u> <u>0,384</u> 0,133	<u>1,85</u> <u>0,318</u> 0,149	<u>1,88</u> <u>0,376</u> 0,144	<u>1,84</u> <u>0,360</u> 0,139	<u>1,88</u> <u>0,308</u> 0,119
300	<u>1,85</u> <u>0,279</u> 0,109	<u>1,89</u> <u>0,331</u> 0,137	<u>1,70</u> <u>0,344</u> 0,140	<u>1,82</u> <u>0,346</u> 0,113	<u>1,66</u> <u>0,318</u> 0,105

НСР₀₀₅ = 0,54/0,30/0,033/0,016; НСР₀₀₁ = 0,74/0,34/0,042/0,032

Наблюдалось снижение накопления луковицами кальция под действием минимальных и максимальных концентраций фосфора.

Пониженные концентрации изучаемых элементов сократили уровень магния, кальция и калия в листьях и луковицах.

Заключение

Наблюдается синергизм ионов, так повышение концентрации азота прямо пропорционально повышению концентрации фосфора. Увеличение концентрации азота при пониженной концентрации фосфора способствовало повышению урожайности лука репчатого, а затем ее снижению. Различные концентрации азота при оптимальных концентрациях фосфора значительно

увеличивали урожайность. Изменение концентрации азота или фосфора в растительных тканях влекло за собой изменение содержания в них других питательных элементов, а также биохимический состав луковиц. Сбалансированное увеличение концентрации как азота, так и фосфора в питательном растворе способствовало повышению его накопления и листьями, и луковицами. Изменение концентрации азота или фосфора в растительных тканях влекло за собой изменение содержания в них других питательных элементов.

Библиографический список

1. Акулина, И.А. Содержание магния в листьях огурца под влиянием удобрений / И.А. Акулина, Л.А. Антипкина, В.И. Левин, Т.В. Ерофеева // Сб.: Научное сопровождение в АПК, лесном хозяйстве и сфере гостеприимства: современные проблемы и тенденции развития: Материалы Всероссийской науч.-практ. конф. – Рязань: Издательство ФГБОУ ВО РГАТУ, 2024. – С. 9-13. URL: https://rgatu.ru/archive/sborniki_konf/!2024/28_02/sbor.pdf
2. Антипкина, Л.А. Продуктивность и качество моркови под влиянием форм азота / Л.А. Антипкина, В.И. Левин, А.А. Слободскова // Сб.: Комплексный подход к научно-техническому обеспечению сельского хозяйства: Материалы Международной науч.-практ. конф., посвященной памяти члена-корреспондента РАСХН и НАНКР академика МАЭП и РАВН Бочкарева Я.В. - Рязань: Издательство ФГБОУ ВО РГАТУ, 2024. - С. 82-86. URL: https://rgatu.ru/archive/sborniki_konf/07_12_23/sbor.pdf
3. Антипкина, Л.А. Практикум по физиологии и биохимии сельскохозяйственных растений: учебное пособие / Л.А. Антипкина, В.И. Левин. – Рязань: Издательство РГАТУ, 2020. – С. 163. URL: <https://e.lanbook.com/book/1646632>.
4. Антипкина, Л.А. Влияние калия на продуктивность и качество репчатого лука / Л.А. Антипкина, В.И. Левин, Т.В. Ерофеева, О.А. Антошина // Сб.: Экология и природопользование: тенденции, модели, прогнозы, прикладные аспекты: Материалы Всероссийской науч.-практ. конф. – Рязань: Издательство ФГБОУ ВО РГАТУ, 2024. - С. 9-12. URL: https://rgatu.ru/archive/sborniki_konf/!2024/27_03/sbor.pdf
5. Григорьева, С.В. Применение инновационных регуляторов роста и удобрений на сельскохозяйственных культурах / С.В. Григорьева, В.А. Ермолаева, И.А. Акулина, Л.А. Антипкина, Т.В. Ерофеева // Научные приоритеты развития АПК, лесного хозяйства и сферы гостеприимства : Материалы Национальной студенческой конф., ФГБОУ ВО РГАТУ. – Рязань, 2023. – С. 34-38. . URL: https://rgatu.ru/archive/sborniki_konf/28_02_23/sbor.pdf
6. Чурилова, В.В. Сравнительная оценка действия наночастиц на основе меди на продуктивность моркови и столовой свеклы при разработке природоподобных технологий / В.В. Чурилова, С.Д. Полищук, Д.Г. Чурилов // Сетевой научный журнал РГАТУ. - № 2(4). – 2024. – С. 46-52. URL:

<https://cyberleninka.ru/article/n/sravnitel'naya-otsenka-deystviya-nanochastits-na-osnove-medi-na-produktivnost-morkovi-i-stolovoy-svekly-pri-razrabotke>

7. Котов, В.П. Овощеводство : учебное пособие / В.П. Котов, Н.А. Адрицкая, Н.М. Пуць, А.М. Улимбашев, Т.И. Завьялова. – Лань, 2022. – С. 496. URL <https://e.lanbook.com/book/104947>

References

1. Akulina, I.A. Soderzhanie magniya v list'yah ogurca pod vliyaniem udobrenij / I.A. Akulina, L.A. Antipkina, V.I. Levin, T.V. Erofeeva // Sb.: Nauchnoe soprovozhdenie v APK, lesnom hozyajstve i sfere gostepriimstva: sovremennye problemy i tendencii razvitiya: Materialy Vserossijskoj nauch.-prakt. konf. – Ryazan': Izdatel'stvo FGBOU VO RGATU, 2024. – S. 9-13. URL: https://rgatu.ru/archive/sborniki_konf/!2024/28_02/sbor.pdf

2. Antipkina, L.A. Produktivnost' i kachestvo morkovi pod vliyaniem form azota / L.A. Antipkina, V.I. Levin, A.A. Slobodskova // Sb.: Kompleksnyj podhod k nauchno-tekhnicheskomu obespecheniyu sel'skogo hozyajstva: Materialy Mezhdunarodnoj nauch.-prakt. konf., posvyashchennoj pamyati chlenakorrespondenta RASHN i NANKR akademika MAEP i RAVN Bochkareva Ya.V. - Ryazan': Izdatel'stvo FGBOU VO RGATU, 2024. - S. 82-86. URL: https://rgatu.ru/archive/sborniki_konf/07_12_23/sbor.pdf

3. Antipkina, L.A. Praktikum po fiziologii i biohimii sel'skohozyajstvennyh rastenij: uchebnoe posobie / L.A. Antipkina, V.I. Levin. – Ryazan': Izdatel'stvo RGATU, 2020. – S. 163. URL: <https://e.lanbook.com/book/1646632>.

4. Antipkina, L.A. Vliyanie kaliya na produktivnost' i kachestvo repchatogo luka / L.A. Antipkina, V.I. Levin, T.V. Erofeeva, O.A. Antoshina // Sb.: Ekologiya i prirodopol'zovanie: tendencii, modeli, prognozy, prikladnye aspekty: Materialy Vserossijskoj nauch.-prakt. konf. – Ryazan': Izdatel'stvo FGBOU VO RGATU, 2024. - S. 9-12. URL: https://rgatu.ru/archive/sborniki_konf/!2024/27_03/sbor.pdf

5. Grigor'eva, S.V. Primenenie innovacionnyh regulyatorov rosta i udobrenij na sel'skohozyajstvennyh kul'turah / S.V. Grigor'eva, V.A. Ermolaeva, I.A. Akulina, L.A. Antipkina, T.V. Erofeeva // Nauchnye priority razvitiya APK, lesnogo hozyajstva i sfery gostepriimstva : Materialy Nacional'noj studencheskoj konf., FGBOU VO RGATU. – Ryazan', 2023. – S. 34-38. . URL: https://rgatu.ru/archive/sborniki_konf/28_02_23/sbor.pdf

6. Churilova, V.V. Sravnitel'naya ocenka dejstviya nanochastic na osnove medi na produktivnost' morkovi i stolovoj svekly pri razrabotke prirodopodobnyh tekhnologij / V.V. Churilova, S.D. Polishchuk, D.G. Churilov // Setevoy nauchnyj zhurnal RGATU. - № 2(4). – 2024. – S. 46-52. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sravnitel'naya-otsenka-deystviya-nanochastits-na-osnove-medi-na-produktivnost-morkovi-i-stolovoy-svekly-pri-razrabotke>

7. Kotov, V.P. Ovoshchevodstvo : uchebnoe posobie / V.P. Kotov, N.A. Adrickaya, N.M. Puc', A.M. Ulimbashev, T.I. Zav'yalova. – Lan', 2022. – S. 496. URL <https://e.lanbook.com/book/104947>