

УДК 581.9:582.572.225

DOI 10.18286/1816-4501-2021-2-121-129

КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ АНАЛИЗ ПРИЗНАКОВ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ПРОДУКЦИИ, ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РОДА *ALLIUM* (ПОДРОД *RHIZIRIDEUM*, СЕКЦИЯ *RHIZIRIDEUM* G. DON EX KOCH)

Иванова Мария Ивановна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор РАН, главный научный сотрудник

Бухаров Александр Федорович, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник

Кашлева Анна Ивановна, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства»

(ВНИИО – филиал ФГБНУ ФНЦО)

140153, Московская область, Раменский район, д. Верея, стр. 500, тел. 89055048241, e-mail: ivanova_170@mail.ru

Ключевые слова: *Allium*, подрод *Rhizirideum*, секция *Rhizirideum*, морфология, биохимия, коэффициент корреляции, селекция, урожайность

В условиях Московской области изучено 8 образцов представителей рода *Allium* L. из подрода *Rhizirideum*, секции *Rhizirideum* G. Don ex Koch. Представленное исследование запланировано для определения корреляции между различными признаками, способствующими повышению урожайности и накоплению биологически активных соединений в листьях. Проанализированы морфологические признаки (высота растения, число листьев на растении, число побегов на растении, длина листа, ширина листа и общая урожайность листьев) и биохимические показатели (сухое вещество, нитраты, аскорбиновая кислота, моносахара, хлорофилл, каротин, флавоноиды, гидроксикоричные кислоты). Исследования по интродукции и мобилизации генетических ресурсов, сохранение и поддержание генетической коллекции представителей рода *Allium* L. осуществляли в рамках выполнения Государственного задания. Дисперсионный анализ показал значительные различия между тестируемыми генотипами по всем изучаемым параметрам, а именно фенотипические, биохимические и урожайные признаки. Взаимосвязь между параметрами оценивали с помощью коэффициента Пирсона. Выявлена положительная тесная связь между высотой растений и длиной листа (0,792), высотой растения и флавоноидами (0,744), числом побегов и числом листьев (0,818), сухим веществом и нитратами (0,903), моносахарами и аскорбиновой кислотой (0,739), моносахарами и гидроксикоричными кислотами (0,700), моносахарами и флавоноидами (0,704), аскорбиновой кислотой и гидроксикоричными кислотами (0,964), аскорбиновой кислотой и флавоноидами (0,937), гидроксикоричными кислотами и флавоноидами (0,987). Отрицательная тесная связь отмечена между высотой и числом побегов (-0,757), высотой растения и хлорофиллом (-0,814), числом побегов и длиной листа (-0,951), числом листьев и длиной листа (-0,717), сухим веществом и моносахарами (-0,804), нитратами и моносахарами (-0,887). Выявленные закономерности представляют интерес для построения модели сортов и использования в селекции.

Введение

Род *Allium* L. (Amaryllidaceae J. St.-Hil.) насчитывает от 900 до 1000 видов [1,2]. Подрод *Rhizirideum* (G. Don ex W.D.J. Koch) Wendelbo включает около 40 преимущественно степных евро-азиатских видов и имеет центр разнообразия в Южной Сибири, Монголии и Китае. Для видов типовой секции *Rhizirideum* G. Don ex W.D.J. Koch. (включает более 20 видов) характерно наличие горизонтального корневища, к которому прикреплены одиночная или скученные луковички, одетые в бумагообразные пленчатые оболочки; листья полуцилиндрические, желобчатые или почти плоские, линейные, сочные, собраны у основания стебля [3]. На территории России сосредоточено максимальное разнообразие секции *Rhizirideum* - здесь произрастают 15 видов. Типовым видом подрода и секции является *A. senescens* L. [4, 5].

Многие виды секции *Rhizirideum* как родичи культурных растений перспективны для использования в селекции. Некоторые виды секции уже введены в культуру. Например, *A. nutans* L. (лук-слизун) имеет селекционные сорта в России и на Украине, *A. senescens* s.l. L. (л. стареющий) - декоративные сорта в США. Остальные виды секции, являясь родичами культурных растений, перспективны для использования в селекции.

Для всестороннего понимания селекционерами и исследователями генетического фона коллекции *Allium* (подрод *Rhizirideum*, секция *Rhizirideum* G. Don ex Koch) и упрощения выбора целевых образцов, особенно с высоким урожаем и содержанием биологически активных соединений, необходимо проводить корреляционный анализ между количественными и

качественными признаками на малоиспользуемых луковых культурах.

Материалы и методы исследований

В связи с исследованием и поддержанием зародышевой плазмы во ВНИИО – филиале ФГБНУ ФНЦО (Московская область, N 55°36' E 38°1') создана коллекция *Allium* L. из 12 подродов, 34 секций, 80 видов *ex situ*: а) семян; б) полевые «живые» коллекции в количестве 250 образцов отечественной и иностранной селекции, а также из различных ботанических садов РФ.

Всего *ex situ* исследовано 7 качественных и 6 количественных морфологических признаков 8 видов *Allium* (подрод *Rhizirideum*, секция *Rhizirideum* G. Don ex Koch). Растения 5-го года жизни. Из каждого участка случайным образом выбирали по десять растений для записи данных. Проанализированы количественные признаки, включая высоту растения (см), число листьев на растении (шт.), число побегов на растении (шт.), длину листа (см), ширину листа (см) и общая урожайность листьев (кг/м²). Наблюдения регистрировали для всех признаков в трех повторностях для каждой записи. Что касается биохимических характеристик (сухое вещество, нитраты, аскорбиновая кислота, моносахара, хлорофилл, каротин, флавоноиды, гидроксикоричные кислоты), образцы свежих листьев были собраны после первой срезки.

Список изученных видов *Allium* L. (подрод *Rhizirideum*, секция *Rhizirideum* G. Don ex Koch) пищевого направления представлен согласно стандартам, принятым в базе данных International Plant Names Index (IPNI) или The Plant List (табл. 1). Тип *Allium senescens* L. включает *A. angulosum* L., *A. lusitanicum* Lam., *A. nutans* L., *A. senescens* L. subsp. *montanum* и subsp. *glaucum* (Regel), *A. stellerianum* Willd., *A. albidum* Fisch. ex M. Bieb.

Методы исследований – интродукция, мобилизация существующих генетических ресурсов растений. Сохранение и поддержание генетической коллекции представителей рода *Allium* L. осуществляли в рамках выполнения Государственного задания.

Результаты исследований

Дисперсионный анализ

Дисперсионный анализ всех изученных признаков показал, что средняя сумма квадратов, обусловленных генотипами, оказалась высокозначимой для всех исследуемых признаков (табл. 2). Это свидетельствует о наличии достаточной изменчивости среди генотипов по урожайности листьев и его составляющим призна-

Таблица 1

Комплекс видов рода *Allium* L. (подрод *Rhizirideum*, секция *Rhizirideum* G. Don ex Koch) из биоколлекции ВНИИО – филиал ФГБНУ ФНЦО

Подрод	Секция	Вид
Rhizirideum (G. Don ex W.D.J. Koch) Wendelbo	Rhizirideum G. Don ex Koch	<i>A. senescens</i> L.
		<i>A. senescens</i> subsp. <i>glaucum</i> Schrad. ex Poir.
		<i>A. senescens</i> var. <i>montanum</i> F.W. Schmidt
		<i>A. lusitanicum</i> Lam. = <i>A.</i> <i>montanum</i> F. W. Schmidt
		<i>A. nutans</i> L.
		<i>A. angulosum</i> L.
		<i>A. albidum</i> Fisch. ex M. Bieb. <i>A. stellerianum</i> Willd.

Таблица 2

Дисперсионный анализ изучаемых морфологических и биохимических признаков у малоиспользуемых и культивируемых *Allium L.* (подрод *Rhizirideum*, секция *Rhizirideum G. Don ex Koch*)

Показатель	Средний квадрат			F _φ
	повторность	генотипа	ошибки	
	df=3	df=7	df=21	
Высота растения, см	14,65	143,7**	17,77	8,09
Число побегов на растении, шт.	9,281	112,6**	10,21	11,03
Число листьев на растении, шт.	16,22	846,07**	32,62	25,93
Длина листа, см	3,231	34,75**	5,345	6,50
Ширина листа, см	0,01336	0,2664**	0,02238	11,90
Урожайность, кг/м ²	0,03832	2,187**	0,05653	38,69
Сухое вещество, %	0,01923	0,1721**	0,02462	6,99
Нитраты, мг/кг	0,4382	2,627*	0,6671	3,94
Моносахара, %	0,1562	2,0381*	0,3582	5,69
Аскорбиновая кислота, мг%	0,07813	0,6857*	0,1778	3,80
Хлорофилл, мг /100 г	0,2313	1,573*	0,4181	3,76
Каротин, мг/кг	0,4623	2,698*	0,7811	3,45
Гидроксикоричные кислоты, 10 ⁻³ %	0,0913	0,8356*	0,2139	3,91
Флавоноиды, 10 ⁻³ %	0,3105	1,916*	0,5601	3,42

$$F_{05} = 3,41, F_{01} = 6,07$$

Таблица 3

Биохимические показатели представителей рода *Allium L.* (подрод *Rhizirideum*, секция *Rhizirideum G. Don ex Koch*) в условиях *ex situ* Московской области в фазу потребительской спелости

Образец	Сухое вещество, %	Нитраты, мг/кг сырого вещества	Моносахара, % (сырое вещество)	Аскорбиновая кислота, мг% (сырое вещество)	Хлорофилл, мг /100 г (сухое вещество)	Каротин, мг/кг (сырое вещество)	Гидроксикоричные кислоты, 10 ⁻³ % (сухое вещество)	Флавоноиды, 10 ⁻³ % (сухое вещество)
<i>A. senescens</i>	14,0	167	3,0	120,0	200	26,9	171,5	292,1
<i>A. senescens subsp. glaucum</i>	14,2	163	3,1	120,3	202	27,1	171,9	292,8
<i>A. senescens var. montanum</i>	11,9	154	4,0	125,9	199	29,2	172,7	293,9
<i>A. lusitanicum</i>	11,8	156	3,9	125,6	198	29,0	172,4	293,5
<i>A. nutans</i>	13,9	163	3,7	128,7	195	25,3	173,2	294,9
<i>A. angulosum</i>	12,0	158	3,7	122,4	187	23,1	172,2	293,5
<i>A. albidum</i>	13,6	161	3,5	121,6	196	24,1	171,8	292,8
<i>A. stellerianum</i>	13,1	159	3,7	122,0	199	24,6	172,0	293,1
Среднее	13,1	160,1	3,6	123,3	197	26,2	172,2	293,3
HCP ₀₅	0,23	1,2	0,88	0,62	0,95	1,3	0,68	1,1

кам. Значительная средняя сумма квадратов, обусловленная урожайностью листьев и морфологическими признаками, показала наличие значительной вариабельности в материале, изучаемом для улучшения различных признаков.

Это свидетельствует о наличии достаточной изменчивости среди генотипов по урожайности листьев и его составляющим признакам. Значительная средняя сумма квадратов, обусловленная урожайностью листьев и морфологическими признаками, показала наличие выраженной вариабельности в материале, изучаемом для улучшения различных признаков. Эти

данные в целом согласуются с выводами предыдущих исследователей [6-8] по *Allium*.

Биохимический анализ

К пищевым растениям, богатым компонентами антиоксидантной защиты, относят луки многолетние, все многообразие дикорастущих видов которых остается невостребованным современной медициной [9,10], что, по-видимому, обусловлено слабой изученностью их химического состава [11,12]. В группе исследованных луковых культур содержание сухих веществ варьировало от 11,8 (*A. lusitanicum*) до 14,2 (*A. senescens subsp. glaucum*), в среднем – 13,1 %;

нитратов – от 154 (*A. senescens* var. *montanum*) до 167 (*A. senescens*), в среднем – 160,1 мг/кг сырой массы; моносахаров – от 3,0 (*A. senescens*) до 4,0 (*A. senescens* var. *montanum*), в среднем – 3,6 % сырой массы; аскорбиновой кислоты – от 120,0 (*A. senescens*) до 128,7 (*A. nutans*), в среднем – 123,3 мг% сырой массы; хлорофилла от 187 (*A. angulosum*) до 202 (*A. senescens* subsp. *glaucum*) мг/100 г сухой массы, в среднем – 197 мг%; каротина – от 23,1 (*A. angulosum*) до 29,2 (*A. senescens* var. *montanum*), в среднем – 26,2 мг/кг сырой массы; гидроксикоричных кислот – от $171,5 \times 10^{-3}$ (*A. senescens*) до $173,2 \times 10^{-3}$ (*A. nutans*), в среднем – $172,2 \times 10^{-3}$ % сухой массы; флавоноидов – от $292,1 \times 10^{-3}$ (*A. senescens*) до $294,9 \times 10^{-3}$ (*A. nutans*), в среднем – $293,3 \times 10^{-3}$ % сухой массы (табл. 3). Исследованных представителей рода *Allium* L. можно рассматривать как потенциальные источники биологически активных соединений.

Структура урожая и общая урожайность

Высота растения перед срезкой изменялась от 25,2 (*A. angulosum*) до 49,5 (*A. lusitanicum*), в среднем – 40,5 см; число побегов – от 5,6 (*A. albidum*) до 27,0 (*A. angulosum*), в среднем – 14,6 шт./растение; число листьев – от 14,4 (*A. albidum*) до 177,4 (*A. senescens* subsp. *glaucum*), в среднем – 75,6 шт./растение; длина листа – от 22,4 (*A. angulosum*) до 35,0 (*A. stellerianum*), в среднем – 29,4 см; ширина листа – от 0,5 (*A. albidum* и *A. lusitanicum*) до 2,3 (*A. nutans*), в среднем – 0,9 см (табл. 4).

Растения 5-го года жизни сформирова-

ли урожайность листьев за 3 срезки от 2,1 (*A. angulosum*) до 6,3 (*A. nutans*), в среднем – 4,0 кг/м².

Корреляционный анализ урожайности и различных морфологических и биохимических признаков

Анализ коэффициента корреляции измеряет взаимосвязь между различными характеристиками растений. Оценка генотипических и фенотипических корреляций между признаками помогает инициировать селекционные программы. Если корреляция между двумя признаками положительная и значимая, улучшение одного признака окажет значительное влияние на другое. Следовательно, выбор одного признака улучшит другие положительно связанные признаки.

Коэффициент корреляции оценивали между урожайностью и его признаками на генотипическом и фенотипическом уровнях, чтобы узнать взаимосвязь между признаками, и он представлен в таблице 5.

Выявлена тесная положительная связь между высотой растений и длиной листа (0,792), высотой растения и флавоноидами (0,744), числом побегов и числом листьев (0,818), сухим веществом и нитратами (0,903), моносахарами и аскорбиновой кислотой (0,739), моносахарами и гидроксикоричными кислотами (0,700), моносахарами и флавоноидами (0,704), аскорбиновой кислотой и гидроксикоричными кислотами (0,964), аскорбиновой кислотой и флавоноидами (0,937), гидроксикоричными кислотами и флавоноидами (0,987).

Таблица 4

Структура урожая *Allium* L. (подрод *Rhizirideum*, секция *Rhizirideum* G. Don ex Koch) в фазу потребительской спелости в условиях Московской области

Вид	Высота растения перед срезкой, см	Число монокарпических побегов, шт./растение	Число листьев, шт./растение	Длина листа, см	Ширина листа, см	Урожайность за 3 срезки, кг/м ²
<i>A. angulosum</i>	25,2	27,0	104,4	22,4	0,6	2,1
<i>A. senescens</i>	31,0	20,0	113,8	26,8	1,0	4,9
<i>A. senescens</i> subsp. <i>glaucum</i>	36,2	23,0	177,4	26,8	1,0	4,7
<i>A. stellerianum</i>	42,1	5,8	42,8	35,0	1,1	2,8
<i>A. albidum</i>	45,0	5,6	14,4	32,6	0,5	2,6
<i>A. lusitanicum</i>	49,5	10,2	51,3	31,5	0,5	4,9
<i>A. senescens</i> var. <i>montanum</i>	34,6	15,4	57,2	30,4	0,7	4,8
<i>A. nutans</i>	32,6	10,2	75,6	30,0	2,3	6,3
Среднее	40,5	14,6	75,6	29,4	0,9	4,0
НСР ₀₅	6,2	4,7	8,3	3,4	0,22	0,35

Таблица 5
Корреляционный анализ урожайности и различных изучаемых морфологических и биохимических признаков *Allium* (подрод *Rhizirideum*, секция *Rhizirideum* G. Don ex Koch)

Высота растения перед срезкой, см	-0,757	Число листов, шт./растение	0,548	0,792	-0,303	Урожайность за 3 срезы, кг/м ²	-0,021	Сухие вещества, %	-0,552	Нитраты, мг/кг	0,488	Моносахара, %	0,657	Аскорбиновая кислота, мг%	0,628	Хлорофилл, мг/100 г	-0,814	Каротин, мг/кг	-0,283	Гидроксикоричные кислоты, 10 ⁻³ %	0,675	0,744
Число монокарпических побегов, шт./растение	1	0,818	0,153	-0,951	-0,039	0,289	0,315	-0,561	-0,553	0,482	0,326	0,544	-0,214	-0,310	0,606	-0,477	-0,189	0,058	-0,150	-0,184	-0,109	0,606
Число листьев, шт./растение	1	0,164	0,073	1	0,049	-0,445	-0,494	0,218	-0,147	-0,321	-0,361	-0,431	0,228	0,700	0,964	0,937	0,650	1	0,182	0,029	0,987	
Длина листа, см																						
Ширина листа, см																						
Урожайность за 3 срезы, кг/м ²																						
Сухое вещество, %																						
Нитраты, мг/кг																						
Моносахара, %																						
Аскорбиновая кислота, мг%																						
Хлорофилл, мг /100 г																						
Каротин, мг/кг																						
Гидроксикоричные кислоты, 10 ⁻³ %																						

Положительная средняя связь установлена между высотой растения и моносахарами (0,657), высотой растения и аскорбиновой кислотой (0,628), высотой растения и гидроксикоричными кислотами (0,675), числом листьев и хлорофиллом (0,606), числом листьев и каротином (0,544), длиной листа и моносахарами (0,669), длиной листа и аскорбиновой кислотой (0,584), длиной листа и гидроксикоричными кислотами (0,542), длиной листа и флавоноидами (0,606), шириной листа и общей урожайностью (0,611), хлорофиллом и каротином (0,650).

Отрицательная тесная связь отмечена между высотой и числом побегов (-0,757), высотой растения и хлорофиллом (-0,814), числом побегов и длиной листа (-0,951), числом листьев и длиной листа (-0,717), сухим веществом и моносахарами (-0,804), нитратами и моносахарами (-0,887).

Отрицательная средняя связь установлена между высотой растения и числом листьев (-0,548), высотой растения и сухими веществами (-0,552), числом побегов и моносахарами (-0,561), числом побегов и аскорбиновой кислотой (-0,553), числом побегов и гидроксикоричными кислотами (-0,534), числом побегов и флавоноидами (-0,614).

Обсуждение

В исследованиях [13] высота растения *A. tuberosum*, *A. angulosum*, *A. chinense* и *A. macranthum* в значительной степени и положительно коррелировала с длиной листа (0,86), шириной листа (0,718) и общей урожайностью (0,45). Она имела значительную отрицательную связь с числом листьев на растении (-0,382), пировиноградной кислотой (-0,24), растворимыми сухими веществами (-0,329) и аллицином (-0,293). У нее была высокая значимая, но отрицательная связь с содержанием фенола (-0,578) и флавоноидов (-0,506). В наших исследованиях у восьми видов *Allium* (подрод *Rhizirideum*, секция *Rhizirideum* G. Don ex Koch) высота растения имела положительную тесную связь с длиной листа (0,792) и флавоноидами (0,744); положительную среднюю связь с моносахарами (0,657), аскорбиновой кислотой (0,628) и гидроксикоричными кислотами (0,675); отрицательную тесную связь с числом монокарпических побегов (-0,757) и хлорофиллом (-0,814); отрицательную среднюю связь с числом листьев (-0,548), сухими веществами (-0,552).

Число монокарпических побегов показало тесную положительную связь с числом листьев (0,818); тесную отрицательную связь с

длиной листа (-0,951); среднюю отрицательную связь с моносахарами (-0,561), аскорбиновой кислотой (-0,553), гидроксикоричными кислотами (-0,534) и флавоноидами (-0,614).

Число листьев имело среднюю положительную связь с хлорофиллом (0,606) и каротином (0,544); отрицательную тесную связь с длиной листа (-0,717). В исследованиях [13] число листьев на растении показало значительную отрицательную корреляцию с шириной листа (-0,475) и длиной листа (-0,276), а также с фенолом (0,279), флавоноидами (0,273) и пировиноградной кислотой (0,177).

Длина листа положительно средне коррелировала с моносахарами (0,669), аскорбиновой кислотой (0,584), гидроксикоричными кислотами (0,542) и флавоноидами (0,606). В предыдущих исследованиях [13] длина листа показала высокую достоверную положительную корреляцию с шириной листа (0,764) и общей урожайностью (0,636). Она имела высокую значимую отрицательную корреляцию с фенолом (-0,717), флавоноидами (-0,492), растворимыми сухими веществами (-0,518), аллицином (-0,333), но отрицательную корреляцию с пировиноградной кислотой (-0,285).

Ширина листа показала положительную среднюю связь с общей урожайностью (0,611). В аналогичных исследованиях [13] ширина листа показала значительную положительную связь с общим урожаем (0,427), в то время как была обнаружена значимая отрицательная корреляция с фенолом (-0,647), флавоноидами (-0,386), растворимыми сухими веществами (-0,437). Она имела значительную отрицательную корреляцию с пировиноградной кислотой (-0,21), аллицином (-0,207).

Сухое вещество положительно тесно коррелировало с нитратами (0,903) и отрицательно тесно – с моносахарами (-0,804). Нитраты имели отрицательную тесную связь с моносахарами (-0,887). Моносахара показали положительную тесную связь с аскорбиновой кислотой (0,739), гидроксикоричными кислотами (0,700) и флавоноидами (0,704). Аскорбиновая кислота имела положительную связь с гидроксикоричными кислотами (0,964) и флавоноидами (0,937). Хлорофилл положительно средне коррелировал с каротином (0,650). Гидроксикоричные кислоты показали положительно тесную связь с флавоноидами (0,987).

Аналогичные результаты были получены [14,15] для чеснока. Эти результаты подтвердили более ранние выводы [16] для высоты рас-

тения, массы луковицы, диаметра луковицы, массы зубков; для высоты растения, массы луковицы и количества зубков на луковицу [17]; для массы луковицы, диаметра луковицы и высоты растения чеснока [18]. Урожай луковиц чеснока значимо положительно коррелировал с массой луковиц ($r = 0,99$), диаметром луковиц ($r = 0,73$), высотой луковиц ($r = 0,53$), числом зубков ($r = 0,52$), шириной листа ($r = 0,52$). Диаметр псевдостебля достоверно положительно коррелировал с содержанием аллицина, но с низким коэффициентом корреляции ($r = 0,23$) [19].

В целом, значительные различия в экспериментах по сравнению с результатами исследований других ученых связаны со специфичностью изученных видов *Allium*, возрастными (онтогенетическими) изменениями генотипа, сезонными влияниями, условиями обитания и др. В конечном счете, представители рода *Allium* - в основном многолетние растения, имеющие широкую амплитуду экологической валентности в отношении условий произрастания, относящиеся к разным жизненным формам, обладающие размерной, морфологической, ритмологической, временной поливариантностью онтогенеза, поливариантностью способов размножения и т.д.

Заключение

Виды *Allium* секции *Rhizirideum* являются дикими родичами культурных растений, они неравнозначны по характеру использования, степени участия в селекционном процессе и по систематической близости к введённому в культуру виду:

- виды, представленные в культуре, имеющие сорта: *A. nutans* (лук-слизун), пищевого направления; *A. senescens* s.l. (л. стареющий) декоративного направления;

- виды, перспективные для использования, находящиеся в близком родстве (один подрод, секция) с культурными видами (*A. angulosum*, *A. lusitanicum*, *A. albidum*, *A. stellerianum*, *A. lusitanicum*).

Корреляционный анализ выявил положительную тесную связь между высотой растений и длиной листа (0,792), высотой растения и флавоноидами (0,744), числом побегов и числом листьев (0,818), сухим веществом и нитратами (0,903), моносахарами и аскорбиновой кислотой (0,739), моносахарами и гидроксикоричными кислотами (0,700), моносахарами и флавоноидами (0,704), аскорбиновой кислотой и гидроксикоричными кислотами (0,964), аскорбиновой кислотой и флавоноидами (0,937), ги-

дроксикоричными кислотами и флавоноидами (0,987). Отрицательная тесная связь отмечена между высотой и числом побегов (-0,757), высотой растения и хлорофиллом (-0,814), числом побегов и длиной листа (-0,951), числом листьев и длиной листа (-0,717), сухим веществом и моносахарами (-0,804), нитратами и моносахарами (-0,887).

Знание взаимосвязи между урожаем и составляющими его компонентами повышает эффективность селекционных программ за счет использования соответствующих селекционных показателей. С помощью корреляционного анализа можно получать значительный объем данных для различных видов лука; это поможет понять ключевые особенности луковых культур, такие как урожайность и биологически активные вещества. Можно сделать вывод, что признак «ширина листа» может рассматриваться как критерий отбора для повышения урожайности, а «высота растения» - для накопления в них гидроксикоричных кислот и флавоноидов. Эти подходы приведут к разработке новых стратегий селекции для улучшения *Allium*. Такая информация в конечном итоге поможет ускорить выращивание луковых культур.

Библиографический список

1. Choi, H. J. A partial revision of *Allium* (Amaryllidaceae) in Korea and north-eastern China / H. J. Choi, B. U. Oh // Bot. Journ. of the Linnean Society. - 2011. - № 167. - P. 153–211.
2. Seregin, A. P. Molecular and morphological revision of the *Allium saxatile* group (Amaryllidaceae): geographical isolation as the driving force of underestimated speciation / A. P. Seregin, G. Anačkov, N. Friesen // Bot. Journ. of the Linnean Society. - 2015. - № 178. - P. 67–101. DOI: <https://doi.org/10.1111/boj.12269>
3. Sinitsyna, T. A. Dated phylogeny and biogeography of the Eurasian *Allium* section *Rhizirideum* (Amaryllidaceae) / T. A. Sinitsyna, T. Herden, N. Friesen // Plant Syst. Evol. - 2016. - № 302(9). - P. 1311–1328. - DOI:10.1007/s00606-016-1333-3.
4. Синицына, Т. А. Род *Allium* L. (Alliaceae) Сибири / Т. А. Синицына // Vavilovia. - 2019. - № 2(3). - С. 3–22. - DOI:10.30901/2658-3860-2019-3-3-22
5. Sinitsyna, T. A. Taxonomic review of *Allium senescens* subsp. *glaucum* (Amaryllidaceae) / T. A. Sinitsyna, N. Friesen // Feddes Repertorium. - 2018. - № 129 (1). - P. 9–12. - DOI: 10.1002/fedr.201700008.
6. Screening of Onion (*Allium cepa* L.) Gen-

otypes for Drought Tolerance Using Physiological and Yield Based Indices Through Multivariate Analysis / P. A. Gedam, A. Thangasamy, D. V. Shirsat, S. Ghosh, K. P. Bhagat, O. A. Sogam, A. J. Gupta, V. Mahajan, P. S. Soumia, V. N. Salunkhe, Y. P. Khade, S. J. Gawande, P. S. Hanjagi, R. S. Ramakrishnan, M. Singh. - Front. Plant Sci., 09 February 2021. – URL: <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.600371>

7. Assessment of Genetic Variability in Onion (*Allium cepa* L.) Genotypes / U. U. Pujar, R. C. Jagadeesha, P. M. Gangadharappa, M. L. Chavan, S. Shankarappa, J. Jayappa // Ind. J. Pure App. Biosci. - 2019. - № 7(6). - P. 152-156. - DOI: <http://dx.doi.org/10.18782/2582-2845.7889>

8. Genetic Diversity and Taxonomic Studies of *Allium akaka* and *Allium elburzense* Native to Iran Using Morphological Characters / S. Jafari, M. R. Hassandokht, M. Taheri, A. Kashi // Journal of Horticultural Research. - 2017. - № 25(1). - P. 99-115.

9. Эссенциальные микронутриенты – компоненты антиоксидантной защиты в некоторых видах рода *Allium* / Т. И. Ширшова, И. В. Бешлей, Н. А. Голубкина, Ф. В. Голубев, Е. В. Ключиков, В. А. Черемушкина // Овощи России. - 2019. - № 1. - С. 68-79. – URL: <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-1-68-79>

10. Фомина, Т. И. Содержание биологически активных веществ в надземной части некоторых видов лука *Allium* L. / Т. И. Фомина, Т. А. Кукушкина // Химия растительного сырья. - 2019. - № 3. - С.177-184. - DOI: 10.14258/jcprm.2019034842.

11. Перспективы введения в культуру дикорастущих видов рода *Allium* L. пищевого направления / А. В. Солдатенко, М. И. Иванова, А. Ф. Бухаров, А. И. Кашлева, Т. М. Середин // Овощи России. - 2021. - № 1. - С. 20-32. - URL: <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-1-20-32>

doi.org/10.18619/2072-9146-2021-1-20-32

12. Биохимический состав листьев видов *Allium* L. в условиях Московской области / М. И. Иванова, А. Ф. Бухаров, Д. Н. Балеев, А. Р. Бухарова, А. И. Кашлева, Т. М. Середин, О. А. Разин // Достижения науки и техники АПК. -2019. - № 33(5). - С. 47-50. - DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10511

13. Studies on leaf yield and association analysis in underutilized and cultivated *Allium* species / N. Rathore, R. Gayen, V. Mahajan, A. Thangasamy, P. Ghodke // International Journal of Chemical Studies. - 2020. - № 8(3). - P. 57-61. - DOI: 10.22271/chemi.2020.v8.i3a.9467.

14. Shri Dhar. Genetic variability and character association in garlic. Progressive Horticulture., 34 (1) : 88-91. fluids, J Agric / Shri Dhar // Food Chem. - 2002. - № 43. - P. 2332- 2338.

15. Agrawal, A. Character association and path analysis in garlic (*Allium sativum* L.) / A. Agrawal, R. S. Tiwari // Vegetable Science. - 2009. - № 36(1). - P. 69-73.

16. Correlation and path analysis Studies in Garlic (*Allium sativum* L.) / G. Kalloo, V. C. Pandey, S. Lal, M. L. Pandita // Haryana Journal of Horticultural Science. - 1982. - № 11. - P. 97-101.

17. Lokhande, G. D. Correlation studies in garlic / G. D. Lokhande, B. B. Pawar // Journal of Maharashtra Agriculture University. - 1988. - № 13(1). - P. 110-111.

18. Correlation and path analysis in garlic (*Allium sativum* L.) / D. P. Sharma, B. K. Verma, A. K. Mehta, R. K. Shrivastava // Harayana J Hort. Sci. - 1998. - № 27(4). - С. 277-280.

19. Diversity evaluation of morphological traits and allicin content in garlic (*Allium sativum* L.) from China / H. Wang, X. Li, D. Shen, Y. Oiu, J. Song // Euphytica. - 2014. - № 198. - P. 243–254. - DOI 10.1007/s10681-014-1097-1

CORRELATION ANALYSIS OF FEATURES WHICH CHARACTERIZE YIELD AND PRODUCT QUALITY OF REPRESENTATIVES OF ALLIUM GENUS (RHIZIRIDEUM SUBGENUS, RHIZIRIDEUM G. DON EX KOCH SECTION)

Ivanova M.I., Bukharov A.F., Kashleva A.I.

All-Russian Scientific Research Institute of Vegetable Growing - a branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Center of Vegetable Growing"

Key words: *Allium*, Rhizirideum subgenus, Rhizirideum section, morphology, biochemistry, correlation coefficient, selection, yield

Eight samples of representatives of *Allium* L. genus from Rhizirideum subgenus, Rhizirideum G. Don ex Koch section were studied in the conditions of the Moscow region. The presented study is planned to determine the correlation between various traits that contribute to yield increase and accumulation of biologically active compounds in leaves. Morphological characteristics (plant height, number of leaves per plant, number of shoots per plant, leaf length, leaf width and total leaf yield) and biochemical parameters (dry matter, nitrates, ascorbic acid, mono sugars, chlorophyll, carotene, flavanoids, hydroxycinnamic acids) were analyzed. Research on introduction and mobilization of genetic resources, preservation and sustention of genetic collection of representatives of *Allium* L. genus were carried out within the framework of the State Assignment. Dispersion analysis showed significant differences among the tested genotypes for all the studied parameters, namely phenotypic, biochemical and yield traits. The relation between the parameters was assessed using Pearson coefficient. A positive close connection was revealed between the plant height and leaf length (0.792), plant height and flavonoids (0.744), the number of shoots and the number of leaves (0.818), dry matter and nitrates (0.903), mono sugars and ascorbic acid (0.739), mono sugars and hydroxycinnamic acids (0.700), mono sugars and flavonoids (0.704), ascorbic acid and hydroxycinnamic acids (0.964), ascorbic acid and flavonoids (0.937), hydroxycinnamic acids and flavonoids

(0.987). A negative close connection was noted between the height and number of shoots (-0.757), plant height and chlorophyll (-0.814), number of shoots and leaf length (-0.951), number of leaves and leaf length (-0.717), dry matter and mono sugars (-0.804), nitrates and mono sugars (-0.887). The revealed patterns are of interest for constructing a model of varieties and selection usage.

Bibliography:

1. Choi, H. J. A partial revision of *Allium* (Amaryllidaceae) in Korea and north-eastern China / H. J. Choi, B. U. Oh // *Bot. Journ. of the Linnean Society*. - 2011. - № 167. - P. 153–211.
2. Seregin, A. P. Molecular and morphological revision of the *Allium saxatile* group (Amaryllidaceae): geographical isolation as the driving force of underestimated speciation / A. P. Seregin, G. Anačkov, N. Friesen // *Bot. Journ. of the Linnean Society*. - 2015. - № 178. - P. 67–101. DOI: <https://doi.org/10.1111/boj.12269>
3. Sinitsyna, T. A. Dated phylogeny and biogeography of the Eurasian *Allium* section *Rhizirideum* (Amaryllidaceae) / T. A. Sinitsyna, T. Herden, N. Friesen // *Plant Syst. Evol.* - 2016. - № 302(9). - P. 1311–1328. - DOI: [10.1007/s00606-016-1333-3](https://doi.org/10.1007/s00606-016-1333-3).
4. Sinitsyna, T. A. Genus *Allium* L. (Alliaceae) Siberia / T. A. Sinitsyna // *Vavilovia*. - 2019. - № 2 (3). - P. 3–22. - DOI: [10.30901/2658386020193322](https://doi.org/10.30901/2658386020193322)
5. Sinitsyna, T. A. Taxonomic review of *Allium senescens* subsp. *glaucum* (Amaryllidaceae) / T. A. Sinitsyna, N. Friesen // *Feddes Repertorium*. - 2018. - № 129 (1). - P. 9–12. - DOI: [10.1002/fedr.201700008](https://doi.org/10.1002/fedr.201700008).
6. Screening of Onion (*Allium cepa* L.) Genotypes for Drought Tolerance Using Physiological and Yield Based Indices Through Multivariate Analysis / P. A. Gedam, A. Thangasamy, D. V. Shirsat, S. Ghosh, K. P. Bhagat, O. A. Sogam, A. J. Gupta, V. Mahajan, P. S. Soumia, V. N. Salunkhe, Y. P. Khade, S. J. Gawande, P. S. Hanjagi, R. S. Ramakrishnan, M. Singh. - *Front. Plant Sci.*, 09 February 2021. - URL: <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.600371>
7. Assessment of Genetic Variability in Onion (*Allium cepa* L.) Genotypes / U. U. Pujar, R. C. Jagadeesha, P. M. Gangadharappa, M. L. Chavan, S. Shankarappa, J. Jayappa // *Ind. J. Pure App. Biosci.* - 2019. - № 7(6). - P. 152–156. - DOI: [10.18782/2582-2845.7889](https://doi.org/10.18782/2582-2845.7889)
8. Genetic Diversity and Taxonomic Studies of *Allium akaka* and *Allium elburzense* Native to Iran Using Morphological Characters / S. Jafari, M. R. Hassandokht, M. Taheri, A. Kashi // *Journal of Horticultural Research*. - 2017. - № 25(1). - P. 99–115.
9. Essential micronutrients - components of antioxidant protection in some species of *Allium* genus / T. I. Shirshova, I. V. Beshley, N. A. Golubkina, F. V. Golubev, E. V. Klyuikov, V. A. Cheremushkina // *Vegetables of Russia*. - 2019. - No. 1. - P. 68–79. - URL: <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2019-1-68-79>
10. Fomina, T. I. The content of biologically active substances in the aerial part of some species of *Allium* L. / T. I. Fomina, T. A. Kukushkina // *Chemistry of vegetable material*. - 2019. - № 3. - P. 177–184. - DOI: [10.14258/jcprm.2019034842](https://doi.org/10.14258/jcprm.2019034842).
11. Prospects for introduction into the culture of wild species of *Allium* L. genus of food direction / A. V. Soldatenko, M. I. Ivanova, A. F. Bukharov, A. I. Kashleva, T. M. Seredin // *Vegetables of Russia*. - 2021. - № 1. - P. 20–32. - URL: <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2021-1-20-32>
12. Biochemical composition of leaves of *Allium* L. species in the conditions of the Moscow region / M. I. Ivanova, A. F. Bukharov, D. N. Baleev, A. R. Bukharova, A. I. Kashleva, T. M. Seredin, O. A. Razin // *Achievements of science and technology of the agro-industrial complex*. - 2019. - № 33 (5). - P. 47–50. - DOI: [10.24411/0235-2451-2019-10511](https://doi.org/10.24411/0235-2451-2019-10511)
13. Studies on leaf yield and association analysis in underutilized and cultivated *Allium* species / N. Rathore, R. Gayen, V. Mahajan, A. Thangasamy, P. Ghodke // *International Journal of Chemical Studies*. - 2020. - № 8(3). - P. 57–61. - DOI: [10.22271/chemi.2020.v8.i3a.9467](https://doi.org/10.22271/chemi.2020.v8.i3a.9467).
14. Shri Dhar. Genetic variability and character association in garlic. *Progressive Horticulture*, 34 (1) : 88–91. *fluids, J Agric / Shri Dhar // Food Chem.* - 2002. - № 43. - P. 2332–2338.
15. Agrawal, A. Character association and path analysis in garlic (*Allium sativum* L.) / A. Agrawal, R. S. Tiwari // *Vegetable Science*. - 2009. - № 36(1). - P. 69–73.
16. Correlation and path analysis Studies in Garlic (*Allium sativum* L.) / G. Kalloo, V. C. Pandey, S. Lal, M. L. Pandita // *Haryana Journal of Horticultural Science*. - 1982. - № 11. - P. 97–101.
17. Lokhande, G. D. Correlation studies in garlic / G. D. Lokhande, B. B. Pawar // *Journal of Maharashtra Agriculture University*. - 1988. - № 13(1). - P. 110–111.
18. Correlation and path analysis in garlic (*Allium sativum* L.) / D. P. Sharma, B. K. Verma, A. K. Mehta, R. K. Shrivastava // *Harayana J Hort. Sci.* - 1998. - № 27(4). - P. 277–280.
19. Diversity evaluation of morphological traits and allicin content in garlic (*Allium sativum* L.) from China / H. Wang, X. Li, D. Shen, Y. Oiu, J. Song // *Euphytica*. - 2014. - № 198. - P. 243–254. - DOI [10.1007/s10681-014-1097-1](https://doi.org/10.1007/s10681-014-1097-1)