

**Южное и субтропическое садоводство**

УДК 634.232:581.4:631.559

doi: 10.15389/agrobiology.2021.5.979rus

**МОРФО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ  
ФОРМИРОВАНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ ЧЕРЕШНИ НА ЮГЕ  
НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ\*****М.В. КАНЬШИНА, Н.В. МИСНИКОВА , А.А. АСТАХОВ, Г.Л. ЯГОВЕНКО**

Черешня (*Cerasus avium* L. Moench) — ценная плодовая культура, промышленные насаждения которой в связи с недостаточной зимостойкостью сосредоточены в южных регионах Российской Федерации. В настоящее время по Нечерноземной зоне районировано 16 сортов и проходят испытания 11 сортов селекции Всероссийского НИИ люпина (ВНИИ люпина). Генетический потенциал вида может быть использован наиболее эффективно, если учесть биологические особенности формирования структурных элементов урожайности. В представленном исследовании впервые в условиях юга Нечерноземной зоны установлено значительное варьирование морфо-биологических показателей у новых сортов черешни, что расширяет возможности отбора генотипов для селекции и производства. Выявлено, что показатели, формирующие продуктивность, взаимосвязаны между собой, но лишь у части из них коррелятивные связи достоверны. С помощью кластерного анализа сорта сгруппированы по степени сходства роста и плодоношения. Определены факторы, вносящие наибольший вклад в формирование продуктивности. Цель работы — изучить морфо-биологические показатели растений черешни, определяющие продуктивность сортов, и выделить ценные генотипы для селекции и хозяйственного использования. Работу проводили в 1991-1996 годах на опытном участке сада ВНИИ люпина (Брянская обл.). Оценены 23 сортаобразца черешни по 9 морфологическим и биологическим показателям: числу однолетних побегов, средней длине однолетних побегов, числу букетных веточек, плодовых почек на однолетнем побеге, плодовых почек на букетных веточках, цветков в плодовой почке, урожайности, ширине кроны, окружности штамба. Учеты и наблюдения выполнены согласно общепринятым методикам. Оценка изучаемых генотипов по вариабельности признаков с использованием коэффициента вариации позволила разделить их на две группы. В первой группе были выявлены сорта с высоким (>10 %) коэффициентом изменчивости связанных между собой признаков (числа однолетних побегов, средней длины однолетних побегов, числа букетных веточек, числа плодовых почек на однолетних побегах, числа плодовых почек на букетных веточках), которые образовывали корреляционные плеяды: Подарок Пителину, Теремочка, Бряночка, 2-3-67, 2-6-36, 2-3-45, Одринка, Красная плотная, Янтарная, 2-5-2, 2-3-35. Плеяды характеризовались различной мощностью и крепостью. Сорта этой группы могут быть использованы в селекции на комплекс хозяйственно ценных признаков. Во вторую группу вошли все изучаемые генотипы. Степень изменчивости у них не превышала 6 % по следующим структурным элементам: число цветков в плодовых почках ( $Cv = 1,0-6,0$  %), ширина кроны ( $Cv = 2,0-5,0$  %), окружность штамба ( $Cv = 0,3-0,4$  %). Выявлено, что из 36 парных корреляций статистически достоверны семь: средняя длина однолетних побегов—число однолетних побегов ( $r = -0,49$ ,  $p = 0,016$ ), средняя длина однолетних побегов—число букетных веточек ( $r = 0,73$ ,  $p = 0,000$ ), средняя длина однолетних побегов—ширина кроны ( $r = 0,74$ ,  $p = 0,000$ ), средняя длина однолетних побегов—окружность штамба ( $r = 0,42$ ,  $p = 0,044$ ), число однолетних побегов—число плодовых почек на однолетних побегах ( $r = 0,77$ ,  $p = 0,000$ ), число букетных веточек—ширина кроны ( $r = 0,59$ ,  $p = 0,003$ ), ширина кроны—окружность штамба ( $r = 0,54$ ,  $p = 0,008$ ). Отмечено отсутствие связи между урожайностью и ее структурными элементами. С использованием кластерного анализа выделено четыре кластера, в каждом из которых находились сорта, сходные по обобщенному показателю изучаемых признаков. Это облегчает отбор исходных форм для селекционной работы. Отсутствие статистически достоверных связей между урожайностью и морфологическими признаками заставило обратиться к факторному анализу. Отобраны четыре фактора, собственные значения которых выше 1. Их вклад в наблюдаемую изменчивость составлял 35,9; 18,6; 11,9 и 11,5 %. Остальные четыре фактора можно отнести к так называемой факториальной осыпи.

**Ключевые слова:** черешня, сорта, изменчивость, продуктивность, корреляция, кластеризация, факторный анализ, Нечерноземная зона России.

Черешня как плодовая культура появилась в сортименте Нечерноземной зоны недавно. Первыми районированными сортами были Брянская

\* Финансовая поддержка Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках темы «Разработать эффективные селекционные технологии, создать географически и эдафически дифференцированные сорта кормовых и плодовых культур нового поколения современными методами селекции на основе широкого использования биоразнообразия растительных ресурсов культурной и природной флоры» Программы фундаментальных научных исследований Российской академии наук (AAAA-A19-119121090123-8).

розовая, Ипуть, Ревна (1983 год) селекции Всероссийского НИИ люпина (ВНИИ люпина). В настоящее время в промышленный сортимент этой зоны включено 16 сортов селекции ВНИИ люпина, на которые получены авторские свидетельства, 3 сорта селекции ФНЦ садоводства и питомниководства и один сорт РУП Институт плодоводства (1).

За рубежом селекция плодовых культур ведется в соответствии с Европейской селекционной программой (2), в России для этих целей разработаны программы селекции и сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур (3, 4). Биологические особенности роста и плодоношения черешни изучены недостаточно. В работах, выполненных ранее на южных сортах, авторы характеризуют черешню как сильнорослую со слабым ветвлением и преимущественным плодоношением (70-75 % плодовых почек) на букетных веточках (5-7). В средней полосе России плодоношение сосредоточено в основном на однолетних побегах и букетных веточках (8, 9). В большинстве своем эти работы носят общий характер и не содержат достаточной информации о количественных взаимосвязях биологических признаков, влияющих на продуктивность черешни.

Продуктивность — сложный признак, обусловленный прежде всего определяющими его морфо-биологическими элементами и их способностью противостоять стресс-факторам окружающей среды (10). У черешни процесс формирования урожая длится от дифференциации плодовых почек в июле до созревания плодов в июне—июле следующего года. По этой причине высок риск ежегодного воздействия абиотических и биотических стрессоров на любом этапе годичного цикла развития растений (11-13). К снижению продуктивности плодовых культур приводят слабая холодостойкость растений (14-16), высокая температура во время цветения, снижающая завязываемость плодов (17, 18), нарушение этапов морфогенеза (19), нестабильность плодоношения (20-22), аномальные температуры в период формирования цветковых почек (23-25).

Многие исследователи подчеркивают роль сорта, его пластичности и стабильности (26-28) в формировании урожая в случае погодных аномалий, которые могут приводить к подмерзанию деревьев и поражению насаждений грибными болезнями (29-31). В последние годы значительное внимание уделяется селекции и использованию вегетативно размножаемых подвоев для плодовых культур как за рубежом (32-34), так и в России (35-37). Показано их влияние не только на рост и продуктивность (38, 39), но и на устойчивость к болезням (40) и качество продукции (41-43).

В настоящее время для глубокого изучения генотипов в многофакторных опытах используют *biplot* анализ. Это двухуровневый график, где образцы отображаются в виде точек, а переменные — в виде векторов, что позволяет полнее интерпретировать взаимодействие генотипа и среды (44). Интегральный показатель селекционной ценности генотипа дает комплексную оценку урожайности и ее стабильности, что важно при подборе исходного материала (45, 46).

В представленном исследовании впервые в условиях юга Нечерноземной зоны установлено значительное варьирование морфо-биологических показателей у новых сортов черешни, что расширяет возможности отбора генотипов для селекции и производства. Выявлено, что показатели, формирующие продуктивность, взаимосвязаны между собой, но лишь у части из них коррелятивные связи достоверны. С помощью кластерного анализа сорта сгруппированы по степени сходства роста и плодоношения. Определены факторы, вносящие наибольший вклад в формирование продуктивности.

Цель работы — изучить морфо-биологические показатели растений черешни, определяющие продуктивность сортов, и выделить ценные генотипы для селекции и хозяйственного использования.

*Методика.* Работу проводили в 1991-1996 годах на опытном участке сада ВНИИ люпина (Брянская обл.).

Оценили 23 сортообразца черешни (*Cerasus avium* L. Moench) по девяти морфологическим и биологическим показателям. Измеряли длину скелетной ветви и все разветвления 2-го и последующего порядков по возрастным зонам. Учеты структурных элементов по каждому сорту проводили на четырех скелетных ветвях нижнего яруса кроны (исходя из технических возможностей). Определяли число и длину однолетних побегов, число плодовых почек на однолетних побегах, букетных веточек, а также цветков в плодовой почке. Оценивали продуктивность на 1 погонный метр (пог. м) скелетной ветви, измеряли ширину кроны и окружность штамба, определяли урожайность (б).

Статистическую обработку экспериментальных данных выполняли согласно рекомендациям (3, 4) с применением однофакторного дисперсионного анализа (47) и многомерных методов статистического анализа (кластерный и факторный анализы) (48, 49) в пакете STATISTICA 7.0 («StatSoft, Inc.», США). Вычисляли средние значения по признакам ( $M$ ), стандартные отклонения ( $\pm SD$ ), коэффициенты вариации ( $Cv$ ).

*Результаты.* Использование в селекции ограниченного круга сортов и форм приводит к ядерной и цитоплазматической однотипности гибридов, снижая их адаптивность и усиливая генетическую уязвимость. Привлечение в селекцию разнообразных по хозяйственно ценным признакам сортов и гибридов увеличивает дисперсию признаков и создает возможность отбора ценных генотипов.

Чрезвычайно важная характеристика исходного материала — степень его изменчивости. Оценку разнообразия изучаемых сортообразцов мы провели с использованием двух показателей — лимита ( $lim$ ) и коэффициента вариации (табл.). Минимальное и максимальное число однолетних побегов у сортообразцов различалось в 7,4 раза, число букетных веточек — в 21,3 раза, средняя длина однолетних побегов, ширина кроны, окружность штамба, число плодовых почек на однолетних побегах, число букетных веточек, цветков в почке и урожайность — в 1,6-4,0 раза.

Коэффициент вариации ( $Cv$ ) позволяет сравнивать между собой признаки с разными единицами измерения и в значительной степени отражает реакцию генотипов на внешние воздействия. По варибельности признаков изучаемые генотипы были разделены на две группы. В первую вошли сорта, характеризующиеся высокой степенью изменчивости следующих структурных элементов: число однолетних побегов — 8 генотипов ( $Cv = 12-28\%$ ), средняя длина однолетних побегов — 9 генотипов ( $Cv = 11-23\%$ ), число букетных веточек — 13 генотипов ( $Cv = 11-24\%$ ), число плодовых почек на однолетних побегах — 9 генотипов ( $Cv = 11-26\%$ ), число плодовых почек на букетных веточках — 17 генотипов ( $Cv = 7,0-49\%$ ). У остальных генотипов изменчивость этих признаков не превышала 10%. В этой группе были выявлены сорта с высоким ( $>10\%$ ) коэффициентом изменчивости связанных между собой признаков, которые образовывали корреляционные плеяды: Подарок Пителину ( $V_2V_3V_4$ ), Теремошка ( $V_1V_3V_4$ ), Бряночка ( $V_1V_2V_3$ ), 2-3-67 ( $V_1V_2V_4$ ), 2-6-36 ( $V_2V_3V_4$ ), 2-3-45 ( $V_1V_3$ ), Одринка ( $V_2V_4$ ), Красная плотная ( $V_2V_4$ ), Янтарная ( $V_3V_4$ ), 2-5-21 ( $V_1V_3$ ), 2-3-35 ( $V_1V_2$ ).

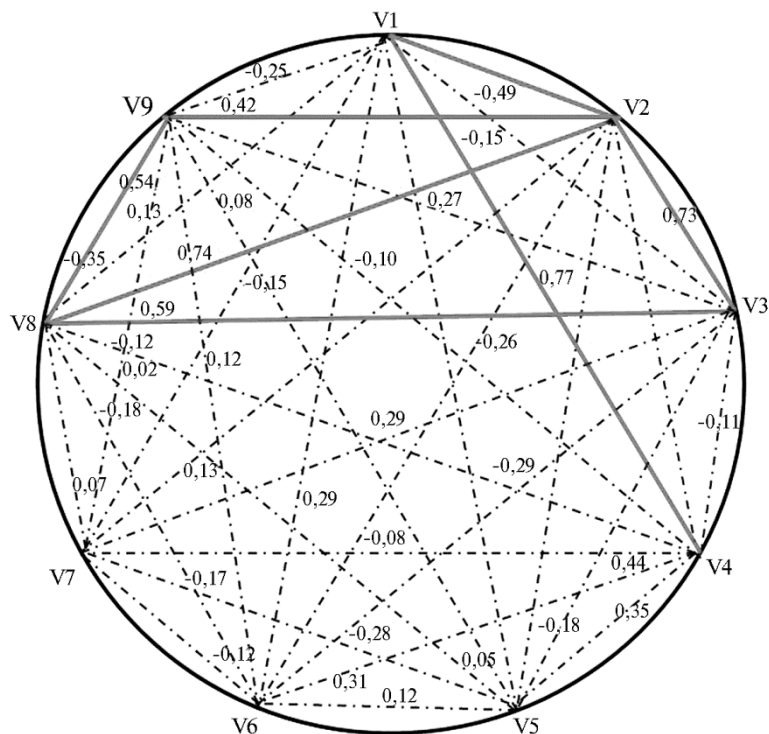
**Статистические характеристики структуры урожая сортообразцов черешни (*Cerasus avium* L. Moench) в условиях юга Нечерноземной зоны Российской Федерации (Брянская обл., п. Мичуринский, 1991-1996 годы)**

Сортообразец	Показатель на 1 пог. м скелетной ветви										Число цветков в почке, шт.		Урожайность, ц/га		Ширина кроны, м		Окружность штамба, см	
	однолетние побеги				число букетных веточек, шт.		Число плодовых почек, шт.				M±SD	Cv, %	M±SD	Cv, %	M±SD	Cv, %	M±SD	Cv, %
	число, шт.		средняя длина, см				на однолетних побегах		на букетных веточках									
	M±SD	Cv, %	M±SD	Cv, %	M±SD	Cv, %	M±SD	Cv, %	M±SD	Cv, %	M±SD	Cv, %	M±SD	Cv, %	M±SD	Cv, %	M±SD	Cv, %
Подарок Пителину	27,5±0,99	3	18,3±2,34	13	40,3±5,60	14	102,6±26,78	26	133,3±9,31	7	3,0±0,48	5	39,5±1,13	0,4	4,6±0,14	3	38,2±0,85	0,4
Теремощка	23,9±3,82	16	13,8±0,42	3	8,2±1,60	20	69,6±7,70	11	22,1±4,40	20	2,9±0,15	1	59,8±1,41	0,2	3,0±0,18	5	33,1±2,11	0,4
2-5-21	23,5±3,82	16	12,9±1,69	13	4,6±0,55	11	130,0±13,00	10	22,2±6,16	28	3,7±0,03	4	38,9±2,69	0,4	4,0±0,28	4	35,4±2,54	0,4
Веда	23,2±0,64	3	29,6±1,50	5	49,2±1,62	3	122,3±8,54	7	136,5±12,24	9	2,7±0,15	5	53,6±1,56	0,3	4,6±0,21	3	35,2±0,23	0,4
2-3-35	22,4±5,09	23	18,8±2,66	14	5,8±0,06	1	127,8±1,28	10	22,2±2,86	13	4,4±0,14	6	34,7±3,22	0,6	4,6±0,24	3	40,8±1,84	0,3
Овстуженка	21,6±1,98	2	26,0±1,82	7	52,3±5,72	11	84,4±2,52	3	146,4±17,52	12	3,0±0,26	5	75,5±1,06	0,2	4,8±0,25	3	35,8±1,13	0,4
Золотая лошадка	20,6±1,98	10	18,7±0,95	5	32,8±7,92	24	78,2±3,90	5	131,4±31,44	24	4,1±0,15	4	31,0±2,12	0,5	3,2±0,10	4	35,1±0,42	0,4
2-3-67	18,6±0,85	5	29,3±6,67	23	88,5±13,32	14	103,3±19,57	19	354,5±169,92	48	3,1±0,16	5	19,0±0,99	0,7	5,0±0,28	3	43,7±2,57	0,3
Радица	14,7±1,41	10	22,2±1,54	7	42,7±7,31	17	125,5±6,30	5	192,8±30,72	16	3,3±0,15	2	57,0±4,24	0,3	4,6±0,21	3	42,6±2,26	0,3
2-7-39	14,7±0,54	4	28,3±0,28	1	39,3±0,39	1	64,6±9,75	15	118,2±57,82	49	3,5±0,04	4	62,0±0,35	0,2	5,4±0,28	3	54,3±1,41	0,3
2-8-28	14,4±2,83	20	14,1±0,84	6	22,0±0,88	4	52,5±3,18	6	60,3±24,60	41	3,0±0,14	5	27,5±1,70	0,5	4,2±0,28	3	37,5±3,25	0,4
Ревна	12,3±1,13	9	25,5±0,26	1	60,3±3,60	6	61,9±0,62	1	265,4±26,50	10	3,5±0,15	4	45,3±1,13	0,3	4,4±0,14	3	40,7±0,85	0,3
2-7-5	11,4±1,41	12	22,2±1,47	7	29,0±3,77	13	57,9±5,22	9	76,6±6,84	9	3,2±0,14	4	64,3±0,42	0,2	3,0±0,14	5	38,1±0,54	0,4
2-6-36	11,2±0,42	4	27,1±4,59	17	35,4±3,96	11	66,1±5,28	8	96,5±11,52	12	3,4±0,12	5	54,0±0,50	0,3	5,8±0,33	2	47,4±0,85	0,3
2-6-32	10,8±0,57	5	26,7±1,89	7	46,0±2,76	6	41,7±5,04	12	124,3±13,64	11	3,1±0,17	5	20,8±0,44	0,7	5,0±0,27	3	34,4±3,52	0,4
Одринка	11,8±0,42	4	25,6±3,38	13	45,7±10,12	22	46,8±10,34	22	146,7±8,76	6	2,8±0,15	6	38,2±0,14	0,4	4,4±0,24	3	41,1±0,71	0,3
Розовый закат	10,5±2,97	1	23,5±0,72	3	51,9±4,16	8	73,5±9,00	15	260,5±58,80	33	2,3±0,17	4	51,9±2,69	0,3	5,4±0,14	2	34,3±1,56	0,4
2-3-30	11,0±0,14	1	16,6±3,34	22	32,0±3,20	10	50,3±3,57	7	99,3±34,65	35	3,5±0,09	4	70,8±2,12	0,2	4,0±0,28	4	36,2±2,97	0,4
2-3-45	10,1±1,48	15	37,8±2,66	7	97,9±13,72	14	60,0±1,80	3	274,5±38,36	14	3,4±0,14	1	64,5±2,47	0,2	6,6±0,21	2	41,8±0,99	0,4
Тютчевка	8,4±1,27	15	26,9±1,35	5	56,3±2,80	5	40,3±4,40	10	242,4±108,90	45	2,9±0,30	5	60,5±3,25	0,2	5,2±0,21	3	44,5±1,56	0,3
Красная плотная	4,8±0,28	6	35,4±7,00	20	31,3±2,79	9	53,7±6,48	19	110,6±16,50	15	2,9±0,14	5	51,0±2,83	0,3	5,2±0,28	3	39,9±2,81	0,4
Янтарная	4,7±0,14	3	30,2±0,60	2	32,8±5,82	16	33,3±4,65	14	98,2±20,58	21	3,0±0,14	5	31,3±1,41	0,5	5,0±0,33	3	39,1±1,56	0,4
Бряночка	3,7±0,71	20	27,0±2,97	11	25,7±3,25	13	50,8±5,10	10	83,3±5,81	7	3,0±0,15	5	62,7±2,83	0,2	4,6±0,28	3	38,6±3,67	0,4
lim признака	3,7-27,5		12,9-3,78		4,6-97,9		33,3-130,0		22,1-354,5		2,3-4,4		19,0-75,5		3,0-6,6		33,1-54,3	
min/max	7,4		2,9		21,3		3,9		16,0		1,9		4,0		2,2		1,6	

Во вторую группу вошли все изучаемые генотипы. Степень изменчивости у них не превышала 6 % по следующим структурным элементам: число цветков в плодовых почках ( $C_v = 1,0-6,0$  %), ширина кроны ( $C_v = 2,0-5,0$  %), окружность штамба ( $C_v = 0,3-0,4$  %).

Сравнение коэффициентов вариации указывает на значительные возможности отбора сортообразцов для селекции по первой группе признаков и меньшие — по второй группе признаков, которые, вероятно, находятся под более жестким генетическим контролем.

Все изучаемые признаки, формирующие урожай, были взаимосвязаны между собой, но степень их зависимости оказалась различной (рис. 1).



**Рис. 1.** Матрица полных корреляционных связей структурных признаков плодоношения у 23 сортообразцов черешни (*Cerasus avium* L. Moench) в условиях юга Нечерноземной зоны Российской Федерации: сплошные линии — достоверно значимая связь, штрихпунктирные линии — недостоверная связь; V1 — число однолетних побегов, V2 — средняя длина однолетних побегов, V3 — число букетных веточек, V4 — число плодовых почек на однолетних побегах, V5 — число плодовых почек на букетных веточках, V6 — число цветков в плодовой почке, V7 — урожайность, V8 — ширина кроны, V9 — окружность штамба (признаки в расчете на 1 пог. м) (Брянская обл., п. Мичуринский, 1991-1996 годы).

Из 36 парных корреляций статистически достоверными оказались семь: средняя длина однолетних побегов — число однолетних побегов ( $V_2-V_1$ ) ( $r = -0,49$ ,  $p = 0,016$ ); средняя длина однолетних побегов — число букетных веточек ( $V_2-V_3$ ) ( $r = 0,73$ ,  $p = 0,000$ ); средняя длина однолетних побегов — ширина кроны ( $V_2-V_8$ ) ( $r = 0,74$ ,  $p = 0,000$ ); средняя длина однолетних побегов — окружность штамба ( $V_2-V_9$ ) ( $r = 0,42$ ,  $p = 0,044$ ); число однолетних побегов — число плодовых почек на однолетних побегах ( $V_1-V_4$ ) ( $r = 0,77$ ,  $p = 0,000$ ); число букетных веточек — ширина кроны ( $V_3-V_8$ ) ( $r = 0,59$ ,  $p = 0,003$ ); ширина кроны — окружность штамба ( $V_8-V_9$ ) ( $r = 0,54$ ,  $p = 0,008$ ). У большинства признаков корреляционные связи были слабыми и статистически недостоверными. Особый интерес вызывает отсутствие связи между урожайностью и ее структурными элементами.

Конечно, вегетативные признаки не влияют непосредственно на урожай, но они косвенно определяют его формирование. Например, длина однолетних побегов имеет настолько важное значение, что используется для классификации сортов. Самые короткие побеги (13-19 см) были характерны для сортов Терешка, Золотая Лощицкая, 2-8-28, 2-5-21, 2-3-30. Такой тип ветвления способствует сдержанному росту дерева. Наиболее длинные побеги (30-38 см) имели сорта Веда, Красная плотная, Янтарная, Овстуженка, 2-3-45, 2-3-67. Величина ежегодного прироста определяет не только габитус дерева, но и служит основой для образования плодовых почек.

Следует отметить группы признаков, которые были связаны между собой высокими коэффициентами корреляции, называемые корреляционными плеядами. Связанные между собой признаки характеризуются показателями мощности (G) и крепости (D). Наиболее мощной и крепкой была плеяда V<sub>2</sub>V<sub>3</sub>V<sub>8</sub> (G = 3,0; D = 0,69), несколько уступала ей по крепости V<sub>2</sub>V<sub>8</sub>V<sub>9</sub> (G = 3,0; D = 0,57), наиболее слабой оказалась плеяда V<sub>2</sub>V<sub>1</sub>V<sub>4</sub> (G = 3,0; D = 0,34). Вероятно, тесные связи признаков этих плеяд в большей степени контролировались генетически.

Очень информативны данные, полученные методом кластерного анализа. Группировка сортов по характеру роста и плодоношения представлена на дендрограмме, полученной по алгоритму кластеризации Уорда (Ward's method), где мерой связи было евклидово расстояние (рис. 2). В полученный кластер входили две группы.

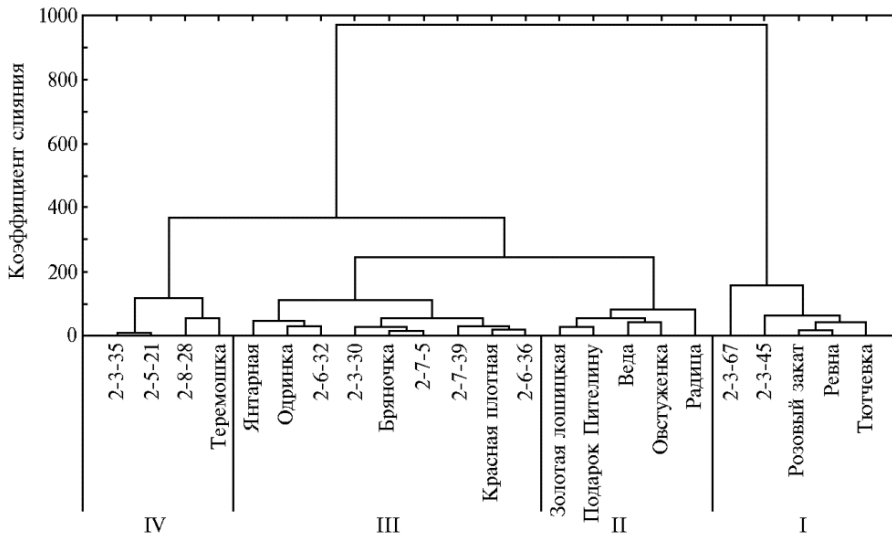


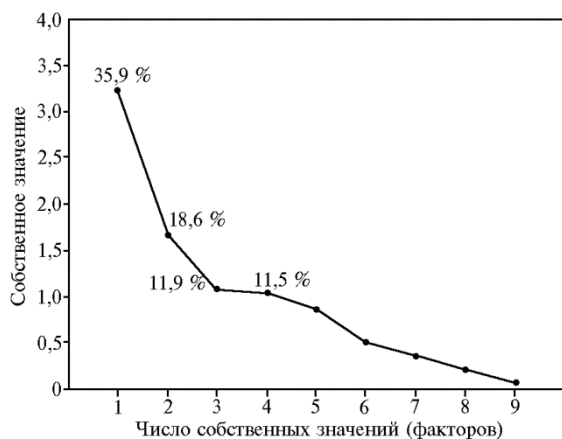
Рис. 2. Дендрограмма сходства и различий сортов черешни (*Cerasus avium* L. Moench) по обобщенному показателю элементов продуктивности (Ward's method): I-IV – группы сортов, однотипные по характеру роста и плодоношения (Брянская обл., п. Мичуринский, 1991-1996 годы).

В первую группу (I подгруппа) было объединено 5 сортообразцов: Тютчевка, Ревна, Розовый закат, 2-3-45, 2-3-67 с длинными побегами (24-38 см) и 77-86 % цветковых почек, расположенных на букетных веточках. Вторая группа включала три подгруппы сортообразцов (II, III, IV). В II и III подгруппы вошли 14 сортообразцов, гетерогенных по характеру роста и плодоношения. Они сильно ветвились, имели побеги средней величины, смешанное плодоношение (53-60 % цветковых почек расположено на букетных веточках и 40-47 % на однолетнем приросте). В IV подгруппу вошли 4 сортообразца с преимущественным плодоношением на однолетнем

приросте: 2-8-28 (71 %), Теремощка (76 %), 2-3-35 (81 %), 2-5-21 (86 %). Появление сортов с таким типом плодоношения связано с их инбредным происхождением. Повышение гомозиготности способствует проявлению скрытых рецессивных генов, контролирующих этот признак.

Поскольку в каждой группе находились сорта, сходные по обобщенному показателю изучаемых признаков, в качестве исходных пар для скрещиваний следует использовать сортообразцы разных групп и подгрупп, значительно различающиеся по элементам продуктивности. Различия сортов по характеру роста и плодоношения надо учитывать при формировании кроны, обрезке деревьев и проведении других агротехнических мероприятий.

Отсутствие связи между урожайностью и морфологическими признаками заставило нас обратиться к факторному анализу. Этот метод позволяет выявить скрытые, но объективно существующие закономерности, которые влияют на формирование урожайности и характеризуют факторы в соответствии с вкладом каждой переменной.



**Рис. 3.** Влияние факторных нагрузок на признак «урожайность» у сортов черешни (*Cerasus avium* L. Moench) в соответствии с вкладом каждой переменной (Брянская обл., 1991-1996 годы).

В нашей работе факторами, вносящими наиболее существенный вклад в наблюдаемую изменчивость, были первые четыре. Фактор 1 (35,9 % общей изменчивости) характеризовал главным образом длину побегов, ширину кроны, число букетных веточек; фактор 2 (18,6 %) — число побегов, число плодовых почек на побегах; фактор 3 (11,9 %) — окружность штамба, число цветков в почке; фактор 4 (11,5 %) — урожайность и число почек в букетной веточке. Оставшиеся факторы (см. рис. 3) имели несущественную долю общей дисперсии и относились к так называемой факториальной, или «каменной», осыпи (51).

Черешня по своей генетической природе относится к культурам южных регионов. Благодаря созданию зимостойких сортов черешни стало возможным продвижение этой культуры в северные регионы. В сортименте Нечерноземной зоны она появилась недавно (1). Черешня обладает высоким потенциалом продуктивности, который реализуется в оптимальных погодных условиях. По данным литературы, период закладки и дифференциации плодовых почек длится 117-130 сут (июль текущего года—апрель следующего года); в исследованиях выделены пять этапов органогенеза, или фенологических фаз, когда растения наиболее чувствительны к стрессам,

По спектру собственных чисел была получена кривая (рис. 3). Количество выделяемых факторов определяли по излому кривой линейной зависимости на графике собственных чисел матрицы первичных данных, в точке 4 ( $Y = 1,04, > 1$ ). Согласно критерию Н.Ф. Kaiser и Р.В. Cattell (50, 51) отбирали те факторы, собственные значения которых были выше 1. Чем больше собственное число, тем больший вклад вносит фактор в общую изменчивость, что указывает на его существенность.

что приводит к редукции элементов продуктивности (10, 11). Неблагоприятные условия в этот период приводят к гибели зачатков цветков и потере урожайности (10).

В исследованиях Г.Ю. Упадышевой (9), проведенных в течение двух лет на трех сортах черешни, показано, что активный рост побегов и плодовых образований (букетных веточек) служит основой наращивания продуктивности. Работы других авторов по изучению характера плодоношения черешни также подчеркивают значительный вклад нагрузки деревьев цветковыми почками, их размещения на однолетних ветвях и букетных веточках разного возраста (9, 10, 35), числа цветков в плодовых почках, окружности штамба и размера кроны (37, 42) в формирование продуктивности. Во ВНИИ люпина работа проводилась в течение 6 лет на 23 сортообразцах по 9 признакам, что позволило дать более глубокую оценку связей между морфо-биологическими признаками и продуктивностью черешни. Установлено, что сорта значительно различались по характеру плодоношения (см. рис. 2). По нашим данным, число цветковых почек, расположенных на однолетних побегах, колебалось от 33,3 до 130 шт., а на букетных веточках — от 22,1 до 354,5 шт. Сортообразцы Тютчевка, Ревна, Розовый закат, 2-3-45, 2-3-67 плодоносили на букетных веточках (77-86 %). Еще 14 сортов имели смешанный тип плодоношения: 53-60 % цветковых почек были расположены на букетных веточках, 40-47 % — на однолетних побегах. Сортообразцы Теремошка, 2-8-28, 2-5-21, 2-3-35 плодоносили на однолетних побегах (71-86 %). Проявление этого признака связано с инбридным происхождением указанных сортов. Кроме того, такие сорта отличаются сдержанным ростом деревьев. Последнее рассматривается как значимый хозяйственный признак в промышленных насаждениях.

Таким образом, в условиях Нечерноземной зоны Российской Федерации выявлена значительная вариабельность морфологических показателей у 23 сортообразцов черешни, что свидетельствует о возможности отбора ценных генотипов для селекции и производства. У таких сортов, как Подарок Пителину, Теремошка, Бряночка, Одринка, Красная плотная, Янтарная и 2-3-35, высокая степень изменчивости (свыше 10 %) отмечена по числу однолетних побегов, средней длине однолетних побегов, числу плодовых почек на однолетних побегах, числу букетных веточек. Низкая степень изменчивости (менее 6 %) выявлена у всех изученных сортов по числу плодовых почек на букетных веточках, числу цветков в плодовых почках, ширине кроны и окружности штамба. При этом по урожайности выделились сорта Овстуженка, 2-3-45, Бряночка, Тютчевка, 2-7-5, 2-7-39, Теремошка, 2-3-45. Взаимосвязь показателей, определяющих продуктивность, была различной. Переменная «урожайность» не коррелировала ни с одним из изученных структурных элементов. Факторный анализ позволил выявить скрытые, но объективно существующие закономерности, влияющие на формирование урожая. Выделены четыре фактора, которые вносят наиболее существенный вклад в формирование урожайности. С помощью кластерного анализа проведена группировка сортов по характеру роста и плодоношения. Выделены четыре кластера по обобщенному показателю изучаемых признаков. Это облегчит подбор исходных форм для селекции. В качестве пар для скрещиваний следует использовать сортообразцы из разных групп и кластеров, между которыми выявлены значительные различия по элементам продуктивности.



## MORPHOLOGICAL AND BIOLOGICAL PECULIARITIES OF SWEET CHERRY PRODUCTIVITY DEVELOPMENT IN THE SOUTH OF THE NON-CHERNOZEM ZONE

M.V. Kanshina, N.V. Misnikova ✉, A.A. Astakhov, G.L. Yagovenko

All-Russian Lupin Research Institute – Branch of the Federal Williams Research Center of Forage Production & Agroecology, 2, ul. Berезovaya, pos. Mitchurinskiy, Bryansk Province, 241524 Russia, e-mail lupin\_mail@mail.ru, lupin\_nvmisnikova@mail.ru (✉ corresponding author), lupin.plodopr@mail.ru, yagovenko@bk.ru

ORCID:

Kanshina M.V. orcid.org/0000-0002-2085-6872

Astakhov A.A. orcid.org/0000-0003-0391-5030

Misnikova N.V. orcid.org/0000-0001-5746-6539

Yagovenko G.L. orcid.org/0000-0003-3205-230X

The authors declare no conflict of interests

Acknowledgements:

Supported financially from the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the framework of the theme “Develop effective breeding technologies, create geographically and edaphically differentiated varieties of forage and fruit crops of a new generation using modern breeding methods based on the wide use of biodiversity of plant resources of cultural and natural flora” of the Programs for fundamental research RAS (AAAA-A19-119121090123-8)

Received July 8, 2021

doi: 10.15389/agrobiology.2021.5.979eng

### Abstract

Sweet cherry (*Cerasus avium* L. Moench) is a valuable fruit crop; its industrial planting is concentrated mainly in the South of Russia because of insufficient winter hardiness. Nowadays, 16 varieties have been adapted in the Non-Chernozem zone, and 11 varieties bred in the Russian Lupin Research Institute are under the testing. A deep understanding of the patterns of development and formation of the yield components allows for a better use of genetic potential of the species. This study, for the first time, revealed the significant variability in morphobiological indices of new sweet cherry varieties in the Non-Chernozem zone conditions, which provides new possibilities for genotype selection and commercial planting. The yield components are shown to be related to each other but only some correlations are significantly valid. The cluster analysis grouped the varieties by growth and fruiting similarity, and the factors with the highest contribution were found. The work aimed to study morphobiological parameters determining productivity of sweet cherry plants and to highlight genotypes which are valuable for breeding and commercial use. The experiment estimated 23 sweet cherry varieties for 9 morphobiological traits, i.e., the number of annual shoots, the average length of annual shoots, the number of sprays (“May bouquets”), the number of flower buds per annual shoot, the number of flower buds per sprays, the number of flowers per flower bud, yield, crown width, trunk circle (the garden experimental plots, the All-Russian Lupine Research Institute, Bryansk Province, 1991-1996). Estimation of variation coefficients allowed us to classify the varieties into two groups. The first group consists of varieties with high variation degree (more than 10 %) of such correlated traits as the number of annual shoots, the average length of annual shoots, the number of sprays, the number of flower buds per annual shoots and the number of flower buds per sprays. In this group, the varieties Podarok Petelinu, Teremoshka, Bryanochka, 2-3-67, 2-6-36, 2-3-45, Odrinka, Krasnaya plotnaya, Yantarnaya, 2-5-2 and 2-3-35 formed correlation pleiades. The pleiades had different power and strength. The varieties of this group are appropriate for breeding for a complex of economic valuable traits. The all tested genotypes made the second group with the variation degree for the number of flowers per flower bud ( $C_v = 1.0-6.0\%$ ), crown width ( $C_v = 2.0-5.0\%$ ), and trunk circle ( $C_v = 0.3-0.4\%$ ) less than 6 %. Only seven of 36 pair correlations are significant. The significant pair correlations are the average length of annual shoots—the number of annual shoots ( $r = -0.49$ ,  $p = 0.016$ ); the average length of annual shoots—the number of sprays ( $r = 0.73$ ,  $p = 0.000$ ); the average length of annual shoots—crown width ( $r = 0.74$ ,  $p = 0.000$ ); the average length of annual shoots—trunk circle ( $r = 0.42$ ,  $p = 0.044$ ); the number of annual shoots—the number of flower buds per annual shoots ( $r = 0.77$ ,  $p = 0.000$ ); the number of sprays—crown width ( $r = 0.59$ ,  $p = 0.003$ ); crown width—trunk circle ( $r = 0.54$ ,  $p = 0.008$ ). There is no link between the yield and its components. The cluster analysis resulted in four clusters grouping the varieties that are similar in terms of the generalized indicator of the studied traits. It makes easier to select initial lines for breeding. The lack of the significant valid correlations between yield and morphological traits made us to apply the factor analysis which revealed four factors with eigenvalues of  $> 1$ . The contributions of these factors to the observed variability are 35.9, 18.6, 11.9, and 11.5 %. The other four factors can be regarded as scree ones.

Keywords: sweet cherry, varieties, variability, productivity, correlation, clustering, factor

## REFERENCES

1. *Gosudarstvennyi reestr selektsionnykh dostizhenii, dopushchennykh k ispol'zovaniyu. Tom 1. Sorta rastenii* [State register of breeding achievements approved for use. Volume 1. Plant varieties]. Moscow, 2021: 422-424 (in Russ.).
2. Sansavini S., Belfanti E., Costa F., Donati F. European apple breeding programs turn to biotechnology. *Chronica Horticulturae*, 2005, 45(2): 16-19.
3. *Programma i metodika selektsii plodovykh, yagodnykh i orekhoplodnykh kul'tur* /Pod redaktsiei E.N. Sedova [The program and methods of selection of fruit, berry, and nut crops. E.N. Sedov (ed.)]. Orel, 1995 (in Russ.).
4. *Programma i metodika sortoizucheniya plodovykh, yagodnykh i orekhoplodnykh kul'tur* /Pod redaktsiei E.N. Sedova, T.P. Ogol'tsovoi [Program and methodology for the variety study of fruit, berry, and nut crops. E.N. Sedov, T.P. Ogol'tsova (eds.)]. Orel, 1999 (in Russ.).
5. Mikheev A.M., Revyagina N.T. *Kostochkovye kul'tury v srednei polose RSFSR* [Stone fruits in the middle zone of the RSFSR]. Moscow, 1985 (in Russ.).
6. Kolesnikov M.A. *Chereshnya* [Sweet cherry]. Moscow, 1959 (in Russ.).
7. Syubarova E.P. *Chereshnya* [Sweet cherry]. Minsk, 1964 (in Russ.).
8. Teterev F.K. *Chereshnya i biologicheskie osnovy ee osevereniya* [Sweet cherry and biological bases of its northwarding]. Moscow, 1964 (in Russ.).
9. Upadysheva G.Yu. *Sovremennoe sadovodstvo*, 2014, 2: 20-24 (in Russ.).
10. Zaremuk R.Sh., Dolya Yu.A., Kopnina T.A. Productivity potential of drup fruit varieties — biomorphological features of formation and realization under the climatic conditions of South Russia. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya [Agricultural Biology]*, 2020, 55(3): 573-587 (doi: 10.15389/agrobiology.2020.3.573eng).
11. Dzhigadlo E.N., Gulyaeva A.A. *Materialy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, posvyashchennoi pamyati uchenogo-pomologa V.P. Semakina «Sovershenstvovanie adaptivnogo potentsiala kostochkovykh kul'tur i tekhnologii ikh vozdeleyvaniya»* [Proc. Int. Conf. «Improving the adaptive potential of stone fruit crops and technologies for their cultivation»]. Orel, 2011: 70-73 (in Russ.).
12. Else M., Atkinson C. Climate change impacts on UK top and soft fruit production. *Outlook on Agriculture*, 2010, 39(2): 257-262 (doi: 10.5367/oa.2010.0014).
13. Luedeling E. Climate change impacts on winter chill for temperate fruit and nut production: a review. *Scientia Horticulturae*, 2012, 144: 218-229 (doi: 10.1016/j.scienta.2012.07.011).
14. Salazar-Gutiérrez M.R., Chaves B., Anothai J., Whiting M., Hoogenboom G. Variation in cold hardiness of sweet cherry flower buds through different phenological stages. *Scientia Horticulturae*, 2014, 172: 161-167 (doi: 10.1016/j.scienta.2014.04.002).
15. Albuquerque N., García-Montiel F., Carrillo A., Burgos L. Chilling and heat requirements of sweet cherry cultivars and the relationship between altitude and the probability of satisfying the chill requirements. *Environmental and Experimental Botany*, 2008, 64(2): 162-170 (doi: 10.1016/j.envexpbot.2008.01.003).
16. García-Montiel F., Serrano M., Martínez-Romero D., Albuquerque N. Factors influencing fruit set and quality in different sweet cherry cultivars. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 2010, 8(4): 1118-1128 (doi: 10.5424/sjar/2010084-1238).
17. Hedhly A., Hormaza J.I., Herrero M. Warm temperatures at bloom reduce fruit set in sweet cherry. *Journal of Applied Botany and Food Quality*, 2007, 81(2): 158-164.
18. Nicotra A.B., Atkin O.K., Bonser S.P., Davidson A.M., Finnegan E.J., Mathesius U., Poot P., Purugganan M.D., Richards C.L., Valladares F., van Kleunen M. Plant phenotypic plasticity in a changing climate. *Trends in Plant Science*, 2010, 15(12): 684-692 (doi: 10.1016/j.tplants.2010.09.008).
19. Koutinas N., Pepelyankov G., Lichev V. Flower induction and flower bud development in apple and sweet cherry. *Biotechnology and Biotechnological Equipment*, 2010, 24(1): 1549-1558 (doi: 10.2478/V10133-010-0003-9).
20. Gulyaeva A.A. *Sovremennoe sadovodstvo*, 2010, 2: 49-51 (in Russ.).
21. Dimova D., Krasteva L., Panayotov N., Svetleva D., Dimitrova M., Georgieva T. Evaluation of the yield and the yield stability of perspective lines of barley. *Agroznanje*, 2012, 13(1): 55-60 (doi: 10.7251/AGREN1201055D).
22. Gebremedhin W., Firew M., Tesfye B. Stability analysis of food barley genotypes in Northern Ethiopia. *African Crop Science Journal*, 2014, 22(2): 145-153.
23. Zhang L., Ampatzidis Y., Whiting M.D. Sweet cherry floral organ size varies with genotype and temperature. *Scientia Horticulturae*, 2015, 182: 156-164 (doi: 10.1016/j.scienta.2014.09.051).
24. Blažková J., Hlušíčková I., Blažek J. Fruit weight, firmness and soluble solids content during ripening of Karešova cv. sweet cherry. *Hort. Sci. (Prague)*, 2018, 29: 92-98 (doi: 10.17221/4470-HORTSCI).

25. Litschmann T., Oukropec I., Křížan B. Predicting individual phenological phases in peaches using meteorological data. *Hort. Sci. (Prague)*, 2008, 35: 65-71 (doi: 10.17221/640-HORTSCI).
26. Lukacs L., Ardelean M., Mitre V., Botez C., Pop R., Cordea M. Stability of main apple cultivars grown in Transylvania determined by means of nonparametric analyses. *Acta Horticulturae*, 2009, 814: 285-290 (doi: 10.17660/ActaHortic.2009.814.43).
27. Ingvordsen C.H., Backes G., Lyngkjær M.F., Peltonen-Sainio P., Jensen J.D., Jalli M., Jahoor A., Rasmussen M., Mikkelsen T.N., Stockmarr A., Jørgensen R.B. Significant decrease in yield under future climate conditions: stability and production of 138 spring barley accessions. *European Journal of Agronomy*, 2015, 63: 105-113 (doi: 10.1016/j.eja.2014.12.003).
28. Dragavtseva I.A., Bandurko I.A., Efimova I.L. *Novye tekhnologii*, 2013, 2: 110-114 (in Russ.).
29. Fadón E., Herrero M., Rodrigo J. Flower development in sweet cherry framed in the BBCH scale. *Scientia Horticulturae*, 2015, 192: 141-147 (doi: 10.1016/j.scienta.2015.05.027).
30. Macholdt J., Honermeier B. Impact of climate change on cultivar choice: adaptation strategies of farmers and advisors in German cereal production. *Agronomy*, 2016, 6(3): 40 (doi: 10.3390/agronomy6030040).
31. Woznicki T.L., Heide O.M., Sønsteby A., Måge F., Remberg S.F. Climate warming enhances flower formation, earliness of blooming and fruit size in plum (*Prunus domestica* L.) in the cool Nordic environment. *Scientia Horticulturae*, 2019, 257: 108750 (doi: 10.1016/j.scienta.2019.108750).
32. Fazio G., Robinson T., Aldwinckle H. The Geneva apple rootstock breeding program. In: *Plant breeding reviews*. J. Janick (ed.). John Wiley & Sons, Ltd., 2015, 39: 379-424 (doi: 10.1002/9781119107743.ch08).
33. Koepke T., Dhingra A. Rootstock scion somatogenetic interactions in perennial composite plants. *Plant Cell Rep.*, 2013, 32: 1321-1337 (doi: 10.1007/s00299-013-1471-9).
34. Takács F., Hrotku K. Effect of apple rootstocks on growth and productivity. *Proc. Int. Conf. on perspectives in European fruit growing*. Lednice, 2006: 161-164.
35. Eremin G.V., Provorchenko A.V., Gavrish V.F., Podorozhnyi V.N., Eremin V.G. *Kostochkovye kul'tury. Vyrashchivanie na klonovykh podvoyakh i sobstvennykh kornyakh* [Stone fruits. Growing on clonal rootstocks and own roots]. Rostov-na-Dnu, 2000 (in Russ.).
36. Upadysheva G., Motyleva S., Kulikov I., Medvedev S., Mertvishcheva M. Biochemical composition of sweet cherry (*Prunus avium* L.) fruit depending on the scion-stock combinations. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 2018, 12(1): 533-538 (doi: 10.5219/923).
37. Astakhov A.A., Misnikova N.V. *Selektsiya i sortorazvedenie sadovykh kul'tur*, 2018, 5(1): 7-9 (in Russ.).
38. Nozdracheva R.G., Nepushkina E.V. *Selektsiya i sortorazvedenie sadovykh kul'tur*, 2018, 5(1): 86-89 (in Russ.).
39. Tworcoski T., Miller S. Rootstock effect on growth of apple scions with different growth habits. *Scientia Horticulturae*, 2007, 111(4): 335-343 (doi: 10.1016/j.scienta.2006.10.034).
40. Russo N.L., Robinson T.L., Fazio G., Aldwinckle H.S. Field evaluation of 64 apple rootstocks for orchard performance and fire blight resistance. *HortScience*, 2007, 42(7): 1517-1525 (doi: 10.21273/HORTSCI.42.7.1517).
41. Racsó J., Soltész M., Budai L., Szabó Z., Farkas E., Nagy J., Nyéki J. The effect of rootstocks on the fruit quality parameters of apple (*Malus domestica* Borkh.). *Acta Agraria Debreceniensis*, 2005, 17: 39-43 (doi: 10.34101/actaagrar/17/3269).
42. Kviklys D., Kviklienė N., Bite A., Lepsis J., Univer T., Univer N., Uselis N., Lanauskas J., Buskien L. Baltic fruit rootstock studies: evaluation of 12 apple rootstocks in North-East Europe. *Hort. Sci. (Prague)*, 2012, 39(1): 1-7 (doi: 10.17221/29/2011-HORTSCI).
43. Yan W., Tinker N.A. Biplot analysis of multi-environment trial data: principles and applications. *Canadian Journal of Plant Science*, 2006, 86(3): 623-645 (doi: 10.4141/P05-169).
44. Frutos E., Galindo M.P., Leiva V. An interactive biplot implementation in R for modeling genotype-by-environment interaction. *Stoch. Environ. Res. Risk Assess.*, 2013, 28(7): 1629-1641 (doi: 10.1007/s00477-013-0821-z).
45. Fashadfar E., Mohammadi R., Aghae M., Vaisi Z. GGE biplot analysis of genotype × environment interaction in wheat-barley disomic addition lines. *Australian Journal of Crop Science*, 2012, 6(6): 1074-1079.
46. Jalata Z. GGE-biplot analysis of multi-environment yield trials of barley (*Hordeum vulgare* L.) genotypes in Southeastern Ethiopia Highlands. *International Journal of Plant Breeding and Genetics*, 2011, 5(1): 59-75 (doi: 10.3923/ijpb.2011.59.75).
47. Snedekor D.U. *Statisticheskie metody v primeneni k issledovaniyam v sel'skom khozyaistve i biologii* [Statistical methods mapped to agricultural and biological research]. Moscow, 1961.
48. Soshnikova L.A., Tamashevich V.N., Uebe G., Sheffer M. *Mnogomernyi statisticheskii analiz v ekonomike* [Multivariate statistical analysis in economics]. Moscow, 1999 (in Russ.).
49. Iberla K. *Faktornyi analiz* [Factor analysis]. Moscow, 1980 (in Russ.).
50. Kaiser H.F. The application of electronic computers to factor analysis. *Educational and Psychological Measurement*, 1960, 20: 141-151.
51. Cattell R.B. The scree test for the number of factors. *Multivariate Behavioral Research*, 1966, 1: 245-276.