

УДК 631.527:635.658

КЛАСТЕРНЫЙ АНАЛИЗ В СЕЛЕКЦИИ ЧЕЧЕВИЦЫ

Маракаева Т.В.

ФГБОУ ВО «Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина», Омск,
e-mail: tanya6334@mail.ru

Изучение хозяйственно ценных признаков чечевицы с целью выделения источников проводили на полях учебно-опытного хозяйства Омского ГАУ в 2016–2018 гг. Объектом изучения являлись 62 образца коллекции ВИР, ВНИИЗБК и иностранной селекции (Германии, Турции, Канады, Болгарии, Молдовы, Украины, Белоруссии, Казахстана). Стандартом применили сорт Аиду. Использование кластерного анализа по семи наиболее важным хозяйственно ценным показателям предоставило возможность разбить образцы изученной коллекции на 7 групп с разнородной селекционной значимостью. Наиболее перспективными в практическом и селекционном плане следует считать образцы, относящиеся к шестому кластеру, у которых отмечено значительная эксплицированность количественных признаков: по высоте растений (53,2 см), высоте прикрепления нижнего боба (22,0 см), количеству бобов с одного растения (102,2 шт.), количеству семян в бобе (1,5 шт.), массе семян с растения (6,4 г), массе 1000 семян (62,1 г) – и созревающие на 7 дней раньше стандарта. По результатам изучения найдены источники определенных хозяйственно ценных признаков чечевицы для селекции в условиях южной лесостепи Западной Сибири: на сокращение вегетационного периода – Орловская краснозерная, К-2947, К-2982, Светлая; на увеличение устойчивости к ржавчине – Орловская краснозерная, Веховская, Донская краснозерная, Пензенская 14; на увеличение количества бобов с одного растения – Орловская краснозерная, Степная 244, К-2947, Бирюзовая массы семян с одного растения – Орловская краснозерная, Бирюзовая, К-2662, К-2460, К-2692; на увеличение массы 1000 семян – Бирюзовая, К-3034, К-2692; по пригодности к механизированной уборке – Светлая, К-2460, К-2692; по клубенькообразующей способности – Пардина.

Ключевые слова: чечевица, зернобобовые культуры, образец, признак, элементы структуры урожая, кластерный анализ

CLUSTER ANALYSIS IN LENTIL BREEDING

Marakaeva T.V.

Omsk State Agricultural University named after P.A. Stolypin, Omsk, e-mail: tanya6334@mail.ru

Studies of economic valuable characteristics aimed at finding sources were held at training-trial field of the Omsk State Agrarian University in 2016-2018. 62 lentil samples of Vavilov Institute collection, the All-Russia Research Institute of Legumes and Groat Crops (VNIIZBK) collection and foreign breeding (Germany, Turkey, Canada, Bulgaria, Moldova, Ukraine, Belorussia, Kazakhstan) served as a research objects. Variety Aida was used as standard. Using of cluster analysis of seven general economic valuable characteristics allowed to divide the studied collection samples into 7 clusters which have various breeding values. The most prospective in practice and breeding are samples of the sixth cluster. They have maximum parameters of quantitative character: plant height (53,2 cm), height of affixion of the inferior legumes (22,0 cm), number of legumes on a plant (102,2 pcs), number of seeds in a legume (1,5 pcs), seed weight (6,4 gr.), 1000 seeds weight (62, 1 gr.) and term of ripening is in seven days shorter as compared to standard. As a result the sources of individual economic-valuable characteristics of lentils were singled out for breeding under conditions of West Siberia southern forest-steppe for cutback of vegetation period – Orlovskaya red grained, K-2947, K-2982, Svetlaya; for increasing rust resistance – Orlovskaya red grained, Vekhovskaya, Donskaya red grained, Penzenskaya 14; for increasing of number of legumes on a plant – Orlovskaya red grained, Stepnaya 244, K-2947, Biryuzovaya; for mass of seeds from one plant – Orlovskaya red grained, Biryuzovaya, K-2662, K-2460, K-2692; for mass of 1000 seeds increasing – Biryuzovaya, K-3034, K-2692; for suitability for mechanical harvesting – Svetlaya, K-2460, K-2692; for symbiotic activity – Pardina.

Keywords: lentils, grain legume crops, sample, feature, elements of crop yield, cluster analysis

Чечевица является одним из достойных представителей зерновых бобовых культур и выделяется по питательному составу. В настоящее время она выращивается главным образом на зерно, которое более чем на треть состоит из белка. Россия, являющаяся в начале XX века мировым лидером по производству зерна этой культуры, в 2010 г. занимала лишь 17 место, прежде всего из-за сокращения посевных площадей. Сейчас посевы чечевицы в стране занимают всего 6-11 тыс. га [1].

Основная причина сложившегося положения – отсутствие интереса к возделыва-

нию культуры у российских производителей сельхозпродукции из-за несовершенства большинства существующих сортов. К сожалению, отсутствие адаптированных высокопродуктивных сортов местной селекции не дает возможности в полной мере раскрыть биотехнологический потенциал данной культуры. Урожайность зерна за последние пять лет в Омской области не превысила 1,5 т/га. Хотя потенциал сортов, зарегистрированных в реестре селекционных достижений, согласно их описанию, достигает 2,1 т/га [2]. Увеличить данные показатели возможно с помощью изучения сортов

разного эколого-географического происхождения и выделению источников с комплексом хозяйственно ценных признаков для дальнейшей селекции культуры. Генофонд чечевицы разнообразен, что позволяет определить главные векторы ее селекции, направленные на создание сортов нового поколения, максимально соответствующих запросам современного сельскохозяйственного производства [3].

Разнообразие сортов и большое количество изучаемых признаков замедляет подбор родительских форм по необходимому комплексу показателей. Применение современных статистических методов обработки данных позволяет быстрее интегрировать сорта с аналогичными признаками. Принципом обработки результатов послужило «евклидовое расстояние», представляющее геометрическое расстояние между координатами важных компонентов (показателей) определенного образца. В результате образцы классифицируются в группы по критерию наибольшего подобия. Кластеризация неоднократно применялась в селекции зернобобовых культур – фасоль овощная, фасоль зерновая, горох, нут и др. [4].

Цель исследования: изучение коллекционных образцов чечевицы по совокупности признаков с целью выделения их источников в условиях южной лесостепи Западной Сибири.

Материалы и методы исследования

Практическая часть работы производилась на полях учебно-опытного хозяйства Омского ГАУ, находящегося в южной лесостепи Западной Сибири в 2016–2018 гг. Исследовалось 62 образца коллекции чечевицы из ВИР, ВНИИЗБК и иностранной селекции (Германии, Турции, Канады, Болгарии, Молдовы, Украины, Белоруссии, Казахстана). Стандартом является сорт Аида. В опыте использовали ручной посев, повторность – четырехкратная, площадь делянки – 1 м², размещение делянок – систематическое, глубина заделки семян – 5 см. В 2017 г. в период вегетации увлажнения явно было недостаточно (ГТК = 0,72). В 2016 г. (ГТК = 1,01) и 2018 г. (ГТК = 1,10) выпало обильное количество осадков на фоне положительных температур, что привело к высокой влагообеспеченности растений. Почва опытного участка луговочерноземная среднемошная малогумусовая среднесуглинистая с содержанием гумуса в пахотном слое 3,9%.

Изучение коллекционного материала вели согласно методике по изучению кол-

лекции зерновых бобовых культур (ВИР, 1975) [5], методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (Москва, 1989) [6]. Кластерный анализ отбора образцов по комплексу хозяйственно ценных признаков осуществляли по методу Warde с использованием компьютерной программы Statistica 6. В качестве меры сходства использовали Евклидово расстояние. Иерархически кластерный анализ проведен в модуле Hierarchical Cluster Analysis статистического пакета SPSS for Windows 13 [7].

Результаты исследования и их обсуждение

Серьезным показателем, определяющим приспособленность сорта к условиям климатической зоны, является продолжительность и структура его вегетационного периода [8]. Контроль над вегетационным периодом растений чечевицы, подтвердил его зависимость от обеспеченности растений теплом. При достаточной температуре на фоне умеренной влажности вегетационный период в 2017 г. сократился на 6 суток по сравнению с прохладным и дождливым 2018 г. и насчитывал в среднем 76,7 суток. Величина показателя в 2016 г. равнялась 79,7 суток. Наименьшее значение отмечено у образцов чечевицы Орловская краснозерная, К-2947, К-2982, Светлая.

В селекции всех сельскохозяйственных культур большое внимание уделяется устойчивости растений к болезням. В Западной Сибири значительный урон урожаю чечевицы наносят возбудители фузариоза, корневые гнили и ржавчина. Ржавчина растений чечевицы *Uromyces fabae* D.B. f. *Lentis* сейчас распространилась как никогда раньше. Его эциальная стадия формируется весной, на нижней стороне листьев и развивается до окончания вегетации, истощая листья, стебли и бобы. Особенно интенсивно заболевание проявляется в начале плодоношения растения, а именно во время формирования урожая. У пораженного растения нарушается процесс фотосинтеза, что приводит к потерям урожайности до 25–27%. Высокая относительная влажность воздуха (90–100%), частые атмосферные осадки, температура воздуха 20–25 °С влекут за собой интенсивное развитие болезни [8]. В коллекции чечевицы определенные образцы поражались до 30%. Наибольшей устойчивостью к ржавчине характеризовались Орловская краснозерная, Веховская, Донская краснозерная, Пензенская 14 (до 5%).

Таблица 1

Элементы структуры урожая коллекционных образцов чечевицы

Образец	Количество бобов с растения, шт.				Масса семян с растения, г				Масса 1000 семян, г			
	2016	2017	2018	среднее	2016	2017	2018	среднее	2016	2017	2018	среднее
Аида, стандарт	58,0	63,0	79,0	66,7	4,1	4,3	5,0	4,5	70,2	70,8	72,2	71,1
Орловская краснозерная	164,0	172,0	176,0	170,7	6,5	7,7	11,6	8,6	40,1	42,2	45,0	42,4
Степная 244	132,0	136,0	148,0	138,7	6,0	6,2	7,2	6,5	24,4	24,0	25,4	24,6
Пардина	115,0	117,0	137,0	123,0	6,2	6,0	6,7	6,3	35,9	36,6	41,0	37,8
К-2947	132,0	129,0	134,0	131,7	6,3	6,2	6,7	6,4	33,8	33,0	33,2	33,3
К-2662	132,0	126,0	130,0	129,3	7,5	7,3	7,5	7,4	33,8	33,2	32,8	33,3
К-3034	96,0	103,0	100,0	99,7	5,7	6,3	6,1	6,0	62,0	62,9	63,4	62,8
Бирюзовая	138,0	148,0	118,0	134,7	7,0	7,2	6,7	7,0	81,6	80,3	82,2	81,4
К-2692	100,0	100,0	95,0	98,3	7,3	7,5	7,2	7,3	75,6	74,3	76,0	75,3
К-2982	88,0	85,0	86,0	86,3	4,5	4,3	4,3	4,4	45,3	45,0	45,6	45,3
К-2460	112,0	110,0	108,0	110,0	8,2	8,0	7,5	7,9	60,9	61,8	58,4	60,4
Светлая	106,0	108,0	106,0	106,7	6,3	6,6	6,4	6,4	47,4	46,0	47,2	46,9
НСР ₀₅	11,4	11,6	11,8	11,6	0,6	0,6	0,7	0,7	5,1	5,1	5,2	5,1

Отдельные элементы продуктивности играют неодинаковую роль в формировании урожая, и чаще всего их величина зависит от экологических условий. Предпочтительно выводить сорта, обладающие высокими показателями элементов структуры урожая, на развитие которых агрометеорологические условия определенной климатической зоны оказывают положительное воздействие.

Выраженность элементов структуры урожая лучших образцов чечевицы представлена в табл. 1.

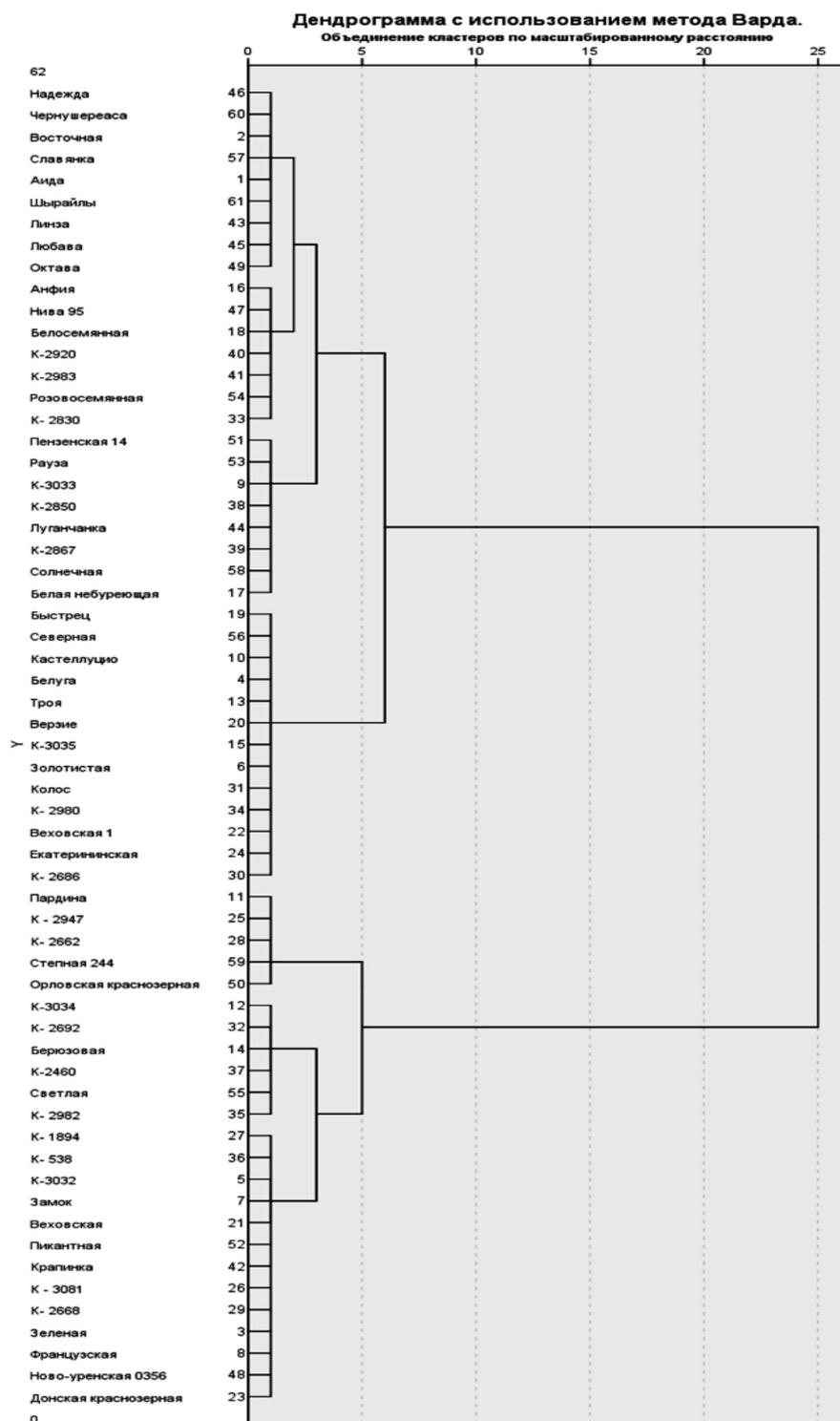
В среднем за три года исследований выделены образцы с высоким значением определенных компонентов продуктивности: по количеству бобов с одного растения – Орловская краснозерная, Степная 244, К-2947, Бирюзовая (131,7–170,7 шт.), по массе семян с одного растения – Орловская краснозерная, Бирюзовая, К-2662, К-2460, К-2692 (7,0–8,6 г), по массе 1000 семян – Бирюзовая, К-3034, К-2692 (62,8–81,4 г). В производстве чечевицы немаловажную функцию выполняет технологичность возделывания, обусловленная степенью ветвистости и характером ветвления стебля, высотой растений и прикреплением нижнего боба. Немаловажным значением в селекции чечевицы на повышение пригодности к механизированной уборке обладает выведение сортов с длинным стеблем (31–60 см), средней степенью ветвистости и характером ветвления преимущественно в нижнем ярусе [9]. Выделенные коллекционные образцы соответствовали требованиям и имели высо-

ту прикрепления нижнего боба от 15 до 25 см. Убедительное превосходство чечевицы в том, что это ценный диетический и высокобелковый продукт питания. Поэтому важное значение в селекции культуры имеет высокое содержание белка в зерне (26–30%) [10]. По данному показателю выделены образцы Орловская краснозерная, Аида, К-3034, К-2982, имеющие высокое содержание белка (26,8–29,3%). Чечевица относится к отличным предшественникам для многих последующих культур, поскольку после ее возделывания в почве отмечается значительное содержание азота вследствие наличия на корневой системе растения азотфиксирующих бактерий. У образца Пардина зафиксирована наибольшая масса азотфиксирующих клубеньков на одном растении (2,26 г). У образцов коллекции чечевицы значение количества азотфиксирующих клубеньков на корнях одного растения изменялось от 19 до 52 шт. Первостепенной задачей в селекционном процессе чечевицы считается отбор перспективных элитных форм с преобладающими значениями хозяйственно ценных признаков по сравнению с районированными сортами. Многомерная статистика позволяет селекционеру дать объективную оценку исходного материала по набору показателей.

Широкое распространение в настоящее время при разделении исходного множества объектов на группы получил кластерный анализ. Использование кластерного анализа по семи наиболее важным хозяйственно

ценным показателям предоставило возможность разбить образцы изученной коллекции на 7 групп с разнородной селекционной значимостью (дендрограмма кластериза-

ции). В отдельный кластер объединены образцы с аналогичным набором признаков внутри кластера и достоверным отличием с другими.



Дендрограмма кластеризации образцов коллекции чечевицы по основным хозяйственно ценным признакам

Таблица 2

Результаты кластерного анализа образцов чечевицы по основным хозяйственно ценным признакам

Показатель	Кластер							Среднее
	1	2	3	4	5	6	7	
Высота растений, см	42,1	56,3	43,5	44,7	47,0	53,2	45,2	47,4
Высота прикрепления нижнего боба, см	18,2	22,3	19,5	18,0	18,2	22,0	17,2	19,1
Количество бобов с растения, шт.	75,6	63,7	47,5	71,2	145,0	102,2	105,5	87,2
Количество семян в бобе, шт.	1,0	1,4	1,0	1,5	2,0	1,5	1,6	1,4
Масса семян с растения, г	5,4	4,6	3,7	3,7	7,5	6,4	4,8	5,2
Масса 1000 семян, г	72,4	66,6	64,6	39,4	35,5	62,1	34,9	53,6
Продолжительность вегетационного периода, сут	81,3	76,0	80,1	78,0	79,8	77,6	79,2	78,9

Кластер номер один объединил 9 образцов чечевицы, которые характеризуются значением показателей продуктивности, находящимся на уровне среднего (табл. 2): длинным стеблем (42,1 см), количество семян в бобе (1,0 шт.), невысокой массой семян с растения (5,4 г), масса 1000 семян (72,4 г), количеством бобов с растения (75,6 шт.), высоким прикреплением нижнего боба (18,2 см) и созреванием на пять суток позднее, чем исследуемые образцы. Образцы второго кластера идентичны по некоторым хозяйственно полезным показателям: количество семян в бобе (1,4 шт.), высокое прикрепление нижнего боба (22,3 см), масса 1000 семян (66,6 г) и скороспелее стандарту на 2 суток по среднему значению.

Коллекционные образцы, у которых отмечена наименьшая выраженность всех хозяйственно ценных признаков, отнесены к третьей группе. Такие образцы необходимо отнести к бесперспективным родительским формам при выведении сортов чечевицы.

Четвертый кластер объединил образцы с продуктивностью и ее элементами ниже среднего по опыту. В пятый кластер отнесены мелкосемянные высокопродуктивные образцы, со средней высотой растения (47 см), высоким прикреплением нижнего боба (18,2 см), наибольшим количеством бобов с растения (145 шт.) и семян в бобе (2 шт.), максимальной массой семян с растения (7,5 г) и массой 1000 семян – 35,5 г.

В шестой кластер вошли крупносемянные образцы, у которых зафиксировано максимальное проявление количественных признаков: высота растений (53,2 см), высота прикрепления нижнего боба (22,0 см), количество бобов с одного растения (102,2 шт.), количество семян в бобе (1,5 шт.), масса семян с растения (6,4 г), масса 1000 семян (62,1 г).

Стоит отметить, что образцы данного кластера созревали на неделю раньше стандарта. Таким образом, образцы – представители шестого кластера наиболее перспективные в селекционной и практической работе по совокупности хозяйственно полезных признаков.

Образцы седьмого кластера, отчасти уступают представителям шестой группы по проявлению хозяйственно ценных признаков, но также являются перспективными в селекции чечевицы по отдельным показателям.

Таким образом, применение кластерного анализа предоставляет возможность группировки изученных образцов чечевицы по совокупности хозяйственно полезных показателей. Результативность и прикладная ценность кластерного анализа в селекционной практике доказывается достоверностью результатов произведенной оценки с традиционным методом.

Выводы

1. Из коллекции чечевицы выделены образцы, рекомендуемые в селекции культуры для условий южной лесостепи Западной Сибири как источники определенных хозяйственно ценных признаков: сокращенный вегетационный период – Орловская краснозерная, К-2947, К-2982, Светлая; на увеличение устойчивости к ржавчине – Орловская краснозерная, Веховская, Донская краснозерная, Пензенская 14; на увеличение количества бобов с одного растения – Орловская краснозерная, Степная 244, К-2947, Бирюзовая массы семян с одного растения – Орловская краснозерная, Бирюзовая, К-2662, К-2460, К-2692; на увеличение массы 1000 семян – Бирюзовая, К-3034, К-2692; по технологичности – Светлая, К-2460, К-2692; по клубенькообразующей способности – Пардина.

2. При выведении сортов чечевицы в качестве исходного материала следует отдавать предпочтение растениям, относящимся к пятому и шестому кластеру.

Список литературы / References

1. Амелин А.В., Кондыков И.В., Иконников А.В. Генетические и физиологические аспекты селекции чечевицы // Вестник ОрелГАУ. 2013. № 1. С. 31–38.

Amelin A.V., Kondykov I.V., Ikonnikov A.V. Genetic and physiological aspects of lentil selection // Vestnik OrelGAU. 2013. № 1. P. 31–38 (in Russian).

2. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. М., 2016. 505 с.

State record of selection achievements allowed for usage. M., 2016. 505 p. (in Russian).

3. Маракаева Т.В., Горбачева Т.В., Зинич А.В. Чечевица – перспективная зернобобовая культура // Разнообразие и устойчивое развитие агробиоценозов Омского Прииртышья: материалы Национальной научно-практической конференции, посвященной 90-летию ботанического сада Омского ГАУ, 2017. С. 158–161.

Marakaeva T.V., Gorbacheva T.V., Zinitch A.V. Lentil as a promising leguminous crops // Diversity and Stable Development of Agrobiocenosis of the Omsk Irtysh Land: Digest of National scientific-practical conference devoted to 90-th anniversary of Omsk SAU botanical garden, 2017. P. 158–161 (in Russian).

4. Казыдуб Н.Г., Маракаева Т.В., Коробейникова М.М., Епанчинцев М.В. Отбор перспективных образцов для селекции фасоли с использованием кластерного анализа в условиях южной лесостепи Западной Сибири // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2014. № 4 (16). С. 8–14.

Kazydub N.G., Marakaeva T.V., Korobeinikova M.M., Yepanchintsev M.V. Selection of successful samples for pod selection with the usage of cluster analysis under conditions of southern forest-steppe of West Siberia // Herald of Omsk State Agrarian University. 2014. № 4 (16). P. 8–14 (in Russian).

5. Корсаков Н.И., Адамова О.А., Будакова В.И. Методические указания по изучению коллекции зерновых бобовых культур. Л.: ВИР, 1975. 59 с.

Korsakov N.I., Adamova O.A., Budakova V.I. Methodical instructions to studies of leguminous and cereal crops collections. L.: VIR, 1975. 59 p. (in Russian).

6. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Выпуск второй. Зерновые, крупяные, зернобобовые, кукуруза и кормовые культуры. М., 1989. 197 с.

Methods of state variety testing of agricultural crops. The release of the second. Cereals, groats, legumes, maize and fodder crops. M., 1989. 197 p. (in Russian).

7. Бююль А., Цефель П. SPSS: искусство обработки информации. Анализ статистических данных и восстановление скрытых закономерностей. СПб.: ДиаСофтЮП, 2005. 608 с.

Byuyul A., Tsefel P. SPSS: Art of Data Processing. Analysis of statistics data and reconstruction of hidden consistent patterns. SPb.: DiaSoftUP, 2005. 608 p. (in Russian).

8. Зотиков В.И., Наумкина Т.С., Грядунцова Н.В., Сидоренко В.С., Наумкин В.В. Зернобобовые культуры – важный фактор устойчивого экологически ориентированного сельского хозяйства // Зернобобовые и крупяные культуры. 2016. № 1 (17). С. 6–13.

Zotikov V.I., Naumkina T.S., Gryadunova N.V., Sidorenko V.S., Naumkin V.V. Leguminous plants – important factor for stable ecologically-oriented agriculture // Legumes and groat crops. 2016. № 1 (17). P. 6–13 (in Russian).

9. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Книга по требованию, 2012. 352 с.

Dospikhov B.A. Procedure of field experience (with basics for statistic processing of research results) M.: Книга по требованию, 2012. 352 p. (in Russian).

10. Хавалойес П. Зернобобовые. Питательные зерна устойчивого будущего. ФАО, 2016. 196 с.

Khavaloiyes P. Leguminous crops. Nutritious grain of stable future. FAO, 2016. 196 p. (in Russian).