

УДК 633.161

4.1.2. Селекция, семеноводство и биотехнология
(биологические науки, сельскохозяйственные науки)

ТИП НАСЛЕДОВАНИЯ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПРИЗНАКОВ ГИБРИДАМИ ПЕРВОГО ПОКОЛЕНИЯ ЯЧМЕНЯ ОЗИМОГО

Репко Наталья Валентиновна

доктор с.-х. н., доцент

SPIN-код: 1264-9739

natalja.repko@yandex.ru

Кубанский государственный аграрный университет, Краснодар, Россия

Гладких Владислав Константинович

vlad.gladkikh.2001@mail.ru

Кубанский государственный аграрный университет, Краснодар, Россия

Донсков Василий Сергеевич

v-donskov@mail.ru

Кубанский государственный аграрный университет, Краснодар, Россия

В селекции всех сельскохозяйственных культур, включая озимый ячмень, для повышения эффективности процесса и ускорения времени создания новых сортов необходимо знание механизмов наследования ключевых хозяйственно значимых признаков. Анализ гибридов первого поколения позволяет селекционеру точно определить тип проявления (рецессивный или доминантный) целевого гена, отвечающего за конкретный признак. В данной статье представлены результаты изучения наследования основных определяющих структурных элементов урожайности. Продуктивная кустистость для озимого ячменя один из основных компонентов урожайности. При анализе результатов данных по этому признаку выявлен сверхдоминантный тип наследования, характеризующийся истинным гетерозисом. В селекции на продуктивность озимых культур существенное значение имеет число зерен в колосе, поскольку оно в значительной степени предопределяет будущую урожайность. В наших исследованиях, основное количество гибридных комбинаций наследовали данный признак по типу сверхдоминирования. Еще одним ключевым структурным элементом продуктивности, является формируемая масса зерновки. В изучаемых комбинациях масса 1000 зерен наследовалась различно, от депрессии до сверхдоминирования. Проведенные исследования послужат основой при разработке целевых программ скрещиваний и осуществления индивидуальных отборов и могут быть использованы для разработки стратегий селекции, направленных на повышение урожайности и адаптивности сортов к различным условиям вы-

UDC 633.161

4.1.2. Breeding, seed production and biotechnology
(Biological Sciences, Agricultural Sciences)

TYPE OF INHERITANCE OF QUANTITATIVE TRAITS BY FIRST GENERATION HYBRIDS OF WINTER BARLEY

Repko Natalia Valentinovna,

Dr.Sci Agr., associate professor

RSCI SPIN-code: 1264-9739

natalja.repko@yandex.ru

Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia

Gladkikh Vladislav Konstantinovich

vlad.gladkikh.2001@mail.ru

Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia

Donskov Vasily Sergeevich

v-donskov@mail.ru

Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia

In breeding all agricultural crops, including winter barley, to increase the efficiency of the process and speed up the time of creating new varieties, it is necessary to know the mechanisms of inheritance of key economically significant traits. Analysis of first-generation hybrids allows the breeder to accurately determine the type of expression (recessive or dominant) of the target gene responsible for a specific trait. This article presents the results of a study of the inheritance of the main determinants of the structural elements of yield. Productive tillering for winter barley is one of the main components of yield. When analyzing the results of this trait, an overdominant type of inheritance was revealed, characterized by true heterosis. In breeding for the productivity of winter crops, the number of grains in an ear is of significant importance, since it largely predetermines future yield. In our studies, the main number of hybrid combinations inherited this trait by the overdominance type. Another key structural element of productivity is the formed mass of the grain. In the studied combinations, the mass of 1000 grains was inherited differently, from depression to overdominance. The conducted studies will serve as a basis for developing target programs of crossing and implementing individual selections and can be used to develop selection strategies aimed at increasing the yield and adaptability of varieties to different growing conditions

рацивания

Ключевые слова: ЯЧМЕНЬ ОЗИМЫЙ, СЕЛЕКЦИЯ, ГИБРИДНАЯ КОМБИНАЦИЯ ТИП НАСЛЕДОВАНИЯ, ГЕТЕРОЗИС

Keywords: WINTER BARLEY, SELECTION, HYBRID COMBINATION, TYPE OF INHERITANCE, HETEROSIS

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-209-034>

В селекционных исследованиях, результативность и сроки создания новых форм во многом определяются знанием и практическим применением генетических основ наследования селективируемых признаков. Детальное изучение принципов наследования основных хозяйственно значимых характеристик сельскохозяйственных культур особо важная селекционная задача. Знание механизмов передачи по наследству определяющих для культуры хозяйственно-ценных признаков является ключевым фактором в селекции, позволяющим повысить продуктивность и ускорить введение на рынок новых селекционных форм.

Знание характера наследования позволяет целенаправленно отбирать и комбинировать родительские формы, обладающие желаемыми характеристиками. Изучение характера наследования признаков дает возможность прогнозировать результаты скрещиваний и эффективно планировать селекционный процесс. Понимание генетической природы признаков позволяет целенаправленно использовать современные методы, такие как маркер-ориентированная селекция, для повышения точности и скорости отбора.

Анализ наследования признаков также играет ключевую роль в понимании механизмов адаптации организмов к изменяющимся условиям окружающей среды. Изучение генетической архитектуры признаков, связанных с устойчивостью к болезням, засухе или другим стрессовым факторам, позволяет разрабатывать стратегии селекции, направленные на повышение адаптивного потенциала сельскохозяйственных культур и сохранение биоразнообразия.

<http://ej.kubagro.ru/2025/05/pdf/34.pdf>

В популяционной генетике изучение наследования признаков позволяет оценить генетическое разнообразие популяций и понять механизмы их эволюции. Анализ генетической структуры популяций позволяет выявлять мутационные изменчивости и разрабатывать стратегии охраны генофонда культуры. Изучение характера наследования признаков является фундаментальной задачей генетики, имеющей важное практическое значение в селекции.

Характер наследования признаков, таких как общая и продуктивная кустистость растения, количество продуктивных стеблей на единице площади посева, общая длина колоса и масса его зерновки, обуславливает возможный потенциал улучшения данных характеристик в будущих поколениях. К тому же, количественные признаки сильно варьируют под влиянием множества факторов и условий, поэтому установление типа наследования критически важно для результативного выбора целевой комбинации.

Наследование количественных признаков в F₁ может варьировать от промежуточного, когда значения признака у гибридов находятся между значениями родительских форм, до доминирования, когда значения гибридов приближаются к значениям одного из родителей. В некоторых случаях наблюдается эффект гетерозиса, когда гибриды превосходят оба родительских сорта по определенным признакам.

Механизмы, лежащие в основе такого разнообразия, сложны и включают в себя взаимодействие множества генов (полигенное наследование), а также влияние факторов окружающей среды. Каждый ген вносит свой небольшой вклад в общий фенотип, и суммарный эффект этих генов определяет конечное значение количественного признака.

При промежуточном наследовании аллели генов, контролирующих признак, оказывают примерно равное воздействие, и фенотип гибрида является средним значением между родительскими формами. В случае до-

минирования один аллель гена подавляет действие другого, и фенотип гибрида становится похожим на фенотип родителя с доминантным аллелем.

Гетерозис, или "гибридная сила", является особенно интересным явлением. Он возникает, когда комбинация аллелей у гибрида приводит к улучшению определенных признаков по сравнению с обоими родителями. Причины гетерозиса до конца не изучены, но предполагается, что он связан с комплементарным действием генов, маскировкой вредных рецессивных аллелей или эпигенетическими эффектами.

Понимание механизмов наследования количественных признаков имеет важное значение для селекции растений и животных. Селекционеры могут использовать эти знания для создания новых сортов и пород с улучшенными характеристиками, такими как более высокая урожайность, устойчивость к болезням или улучшенное качество продукции.

Урожайность озимого ячменя формируется за счет нескольких ключевых компонентов, тесно связанных между собой и определяющих общий результат. Важнейшим является общая и в особенности продуктивная кустистость. Данный показатель определяется густотой посева, перезимовкой растений и интенсивностью кущения.

Важный компонент в урожайности – количество зерен в колосе, во многом определяющийся обеспеченностью питательными веществами и влагой в период формирования зерна. Отрицательные стрессовые факторы в период закладки колоса могут значительно снизить зерновую продуктивность колоса.

Масса 1000 зерен также играет существенную роль. Она отражает степень выполненности зерна и зависит от условий созревания, фотосинтетической активности растений и наличия болезней. Оптимизация каждого из этих компонентов – залог высокой и стабильной урожайности озимого ячменя.

Целью наших исследований было изучить тип наследования структурных элементов продуктивности гибридных комбинаций озимого ячменя для дальнейшего эффективного отбора.

Исследования проводились на базе УОХ «Кубань» Кубанского ГАУ в условиях 2023-2024 сельскохозяйственного года.

Объектом исследования послужили гибриды озимого ячменя. В ходе скрещиваний было получено первое поколение шести гибридных комбинаций. Рассчитанный эффект истинного гетерозиса, использовали как индикатор селекционной значимости исходных родительских форм. Изучение степени доминантности производили по величине коэффициента фенотипического доминирования (h_p). Степень доминантности определяли с использованием формулы Дж.Л. Брюбейкера (1966).

$$h_p = \frac{X_{F_1} - \frac{X_{P_1} + X_{P_2}}{2}}{\frac{1}{2} |X_{P_1} - X_{P_2}|}$$

где X_{F_1} , X_{P_1} , X_{P_2} – средние значения изучаемых признаков для гибридов (F_1) и родительских форм (P_1 , P_2).

Полученные результативные данные интерпретировали по типу наследования:

$-\infty < h_p < -1$ – отрицательное сверхдоминирование (отрицательный гетерозис, депрессия);
 $-1 \leq h_p < -0,5$ – отрицательное доминирование;
 $-0,5 \leq h_p \leq +0,5$ – промежуточное наследование;
 $+0,5 < h_p \leq +1$ – положительное доминирование;
 $+1 < h_p < +\infty$ – положительное сверхдоминирование (положительный гетерозис).

Расчет истинного гетерозиса (Γ ист) производили по формуле Д.С. Омарова:

$$\text{Гист.} = \frac{(F_1 - P_{\text{лучш.}})}{P_{\text{лучш.}}} * 100$$

где – F_1 среднее значение признака гибрида первого поколения,
 $P_{\text{лучш.}}$ – среднее значение признака лучшей родительской формы.

Анализ результативных данных гибридов F_1 по продуктивной кустистости выявил эффект гетерозиса во всех изученных комбинациях, при этом наблюдался широкий диапазон варьирования показателей - от 3,6 до 53,8% (Рисунок 1).

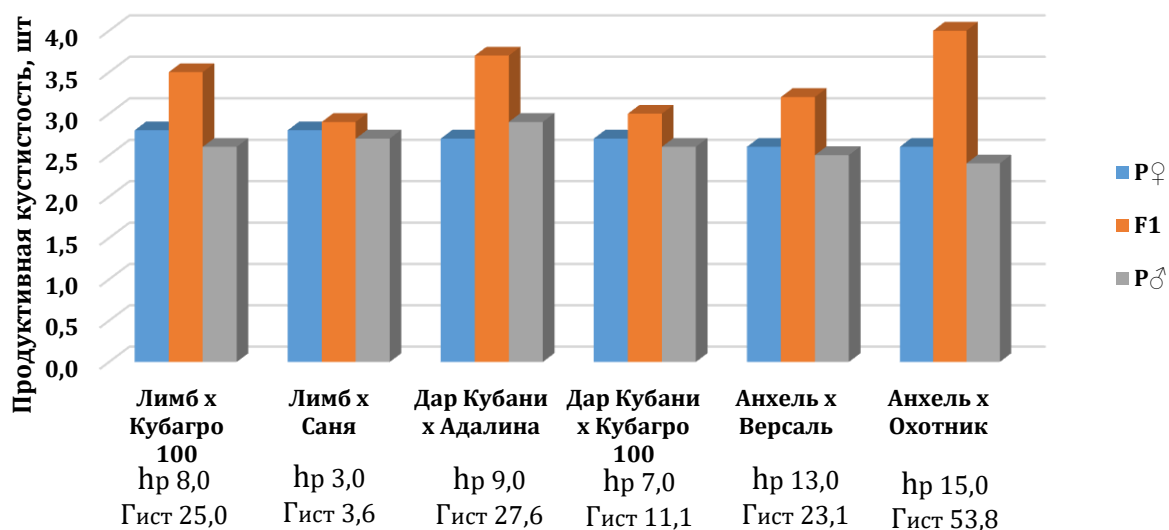


Рисунок 1 – Характер наследования признака «продуктивная кустистость» у гибридов первого поколения озимого ячменя (Кубанский ГАУ, 2023 г.)

Рисунок 1 наглядно демонстрирует проявление эффекта гетерозиса по продуктивной кустистости среди исследованных гибридов. Наиболее выраженный эффект наблюдался у гибридных комбинаций, полученных на основе родительских форм Анхель, Охотник, Дар Кубани, Адалина, Лимб и Кубагро-100.

При этом у родительских форм фиксировали от 2,4 до 2,9 продуктивных стеблей на растении, а у гибридов эти показатели были в пределах

2,9-4,0. Наиболее высоким гетерозисный эффект был у гибридной комбинации Анхель × Охотник. Также высокие значения наблюдали по Адалина, Лимб × Кубагро 100 и Анхель × Версаль.

Все гибриды наследовали признак «продуктивная кустистость» по типу положительного сверхдоминирования ($h_p > 1$). Наибольшее значение степени

доминирования ($h_p = 15$) выявлено в комбинации Анхель × Охотник. Практически в этих же пределах были значения у гибрида Анхель × Версаль ($h_p = 13$). У остальных комбинаций значения степени доминирования варьировали от 9,0 до 3,0.

Полученные данные позволяют сделать вывод о перспективности использования гибридизации для улучшения продуктивной кустистости. Отбор родительских форм с учетом их комбинационной способности и тщательный анализ потомства позволяют выделить гибриды с желаемыми характеристиками, сочетающие высокую продуктивность.

По результатам анализа гибридов первого поколения и их родительских форм количество зерен в колосе варьировало от 42,1 до 68,7 штук (Рисунок 2).

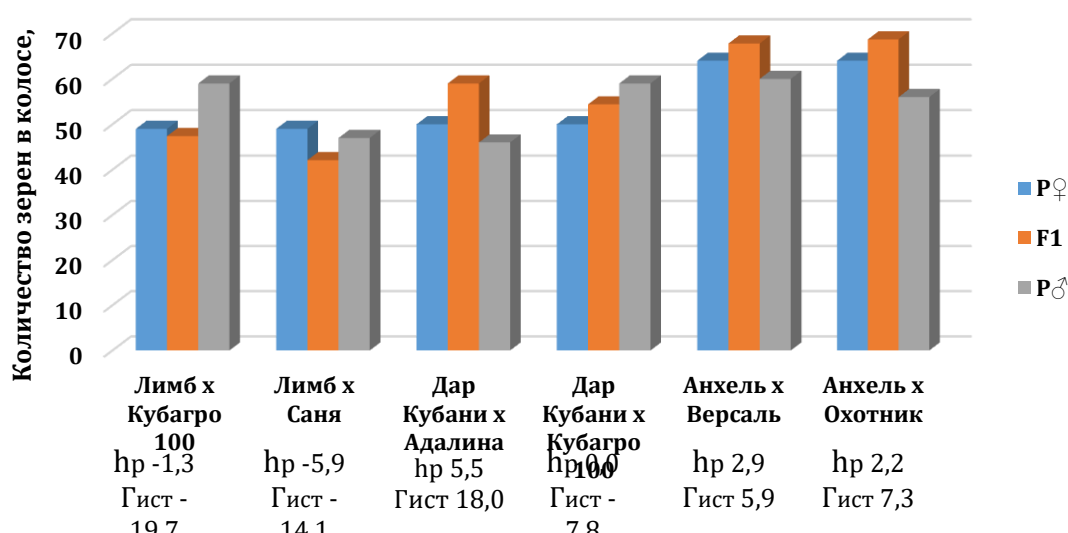


Рисунок 2 – Тип наследования количества зерен в колосе гибридами F_1 ячменя озимого (Кубанский ГАУ, 2023 г.)

Среди изученных шести комбинаций у 50 % был выявлен эффект истинного гетерозиса. У этих же гибридов отмечали сверхдоминирование ($h_r > 1,0$) признака. Наиболее высокие показатели степени доминирования ($h_r = 18$) были определены в комбинации Дар Кубани $\times$ Адалина, истинный гетерозис составил 5,5 %. Положительное сверхдоминирование наблюдалось и у комбинаций Анхель $\times$ Версаль ($h_r = 2,9$), Анхель $\times$ Охотник ($h_r = 2,2$). Гибридная комбинация Анхель $\times$ Версаль превысила показатель количество зерен в колосе, в сравнении с отцом на 13%, а с матерью на 5,9 %.

Промежуточное наследование изучаемого признака было у гибридной комбинации Дар Кубани $\times$ Кубагро100, с отрицательным показателем истинного гетерозиса. Инбредную депрессию наблюдали у Лимб $\times$ Кубагро100 ($h_r = -1,3$) и Лимб $\times$ Саня ($h_r = -5,9$).

Полученные данные указывают на сложный характер наследования признака количества зерен в колосе у изученных гибридных комбинаций. Истинный гетерозис, связанный со сверхдоминированием, наблюдается не во всех случаях, что говорит о влиянии различных генетических факторов и их взаимодействия.

Высокая степень доминирования, выявленная в комбинации Дар Кубани $\times$ Адалина, может свидетельствовать о наличии комплементарных генов, определяющих этот признак. Превышение показателя количества зерен в колосе у гибрида Анхель $\times$ Версаль над родительскими формами подтверждает потенциал использования гетерозиса в селекции для повышения продуктивности.

Промежуточное наследование и инбредная депрессия, наблюдаемые в других комбинациях, подчеркивают важность тщательного отбора родительских пар для достижения максимального эффекта гетерозиса.

В результате изучения типа наследования массы 1000 зерен (Рисунок 3) среди шести гибридных комбинаций сверхдоминирование наблюдалось только на одной – Дар Кубани $\times$ Адалина ($h_r = 3,4$). Она превысила пока-

затели материнского и отцовского растения на 15,6 % и на 32,5 % соответственно.

У комбинаций Анхель × Версаль наблюдали наследование массы 1000 зерен по типу положительного доминирования ($h_p = 0,8$), при отсутствии проявления истинного гетерозиса. На остальных комбинациях эффект гетерозиса также полностью отсутствовал.

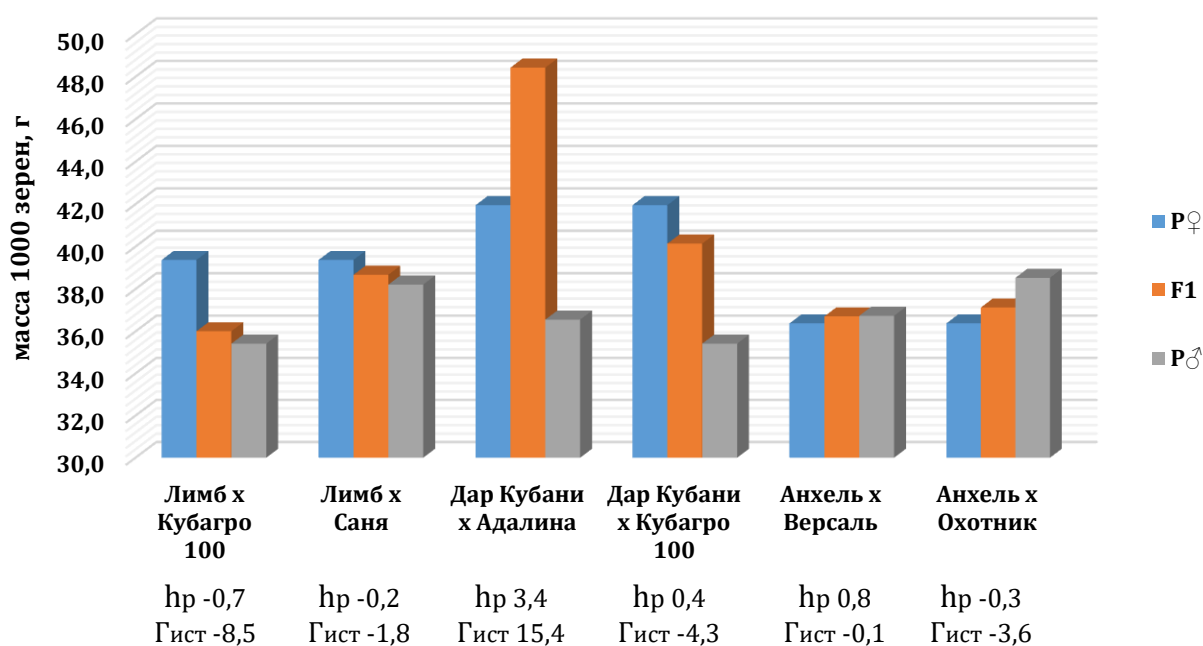


Рисунок 3 – Тип наследования массы 1000 зерен гибридами F_1 ячменя озимого (Кубанский ГАУ, 2023 г.)

У гибридных форм Дар Кубани × Кубагро 100, Анхель × Охотник и Лимб × Саня выявлено промежуточное наследование признака, а у Лимб × Кубагро100 ($h_p = -0,7$) отрицательное доминирование.

Полученные данные свидетельствуют о сложном генетическом контроле массы 1000 зерен у изученных гибридных комбинаций. Преобладание неаддитивных эффектов, таких как сверхдоминирование и доминирование, указывает на важную роль взаимодействия аллелей в формировании данного признака. Отсутствие гетерозиса в большинстве комбинаций мо-

жет быть связано с генетической близостью родительских форм или с влиянием неблагоприятных условий выращивания.

Промежуточное наследование, наблюдаемое в ряде гибридов, предполагает аддитивное действие генов, когда вклад каждого аллеля в фенотип равнозначен. Отрицательное доминирование в комбинациях может быть вызвано наличием рецессивных аллелей, снижающих массу 1000 зерен, или эпистатическим взаимодействием генов.

Необходимо отметить, что наследование массы 1000 зерен может зависеть от различных факторов, включая генетические особенности родительских форм, условия выращивания и взаимодействие генотипа с окружающей средой. Для более точной оценки генетической детерминированности данного признака требуются дальнейшие исследования с использованием молекулярно-генетических методов и проведение многолетних полевых испытаний.

Выявленные закономерности наследования массы 1000 зерен могут быть использованы в селекции для создания новых сортов с повышенной урожайностью. При отборе родительских пар для гибридизации следует учитывать тип наследования данного признака, а также потенциальную способность к проявлению гетерозиса. Комбинации, демонстрирующие сверхдоминирование, представляют особый интерес для селекции на высокую урожайность.

Таким образом, в результате изучения наследования у гибридов первого поколения ячменя озимого структурных элементов урожайности установлено, что продуктивная кустистость наследовалась по типу положительного сверхдоминирования с проявлением гетерозиса. Количество зерен в колосе, также преимущественно имело сверхдоминантный тип наследования. Анализ наследования признака «масса 1000 зерен» выявил, что половина изучаемых гибридов наследовала признак по промежуточному типу. Проведенные исследования послужат основой при разработке

целевых программ скрещиваний и осуществления индивидуальных отборов.

Полученные результаты могут быть использованы для разработки стратегий селекции, направленных на повышение урожайности и адаптивности сортов к различным условиям выращивания.

Литература

1. Дзюба, В.А. К методике проведения гибридологического анализа гибридов зерновых культур / В.А. Дзюба, Л.В. Есаулова, И.Н. Чихирь, Е.Н. Лапина// Зерновое хозяйство России. – 2012 – №3 (21). – С. 8-13.
2. Дымкан Л.А. Взаимодействие наночастиц золота, серебра и магния с растительными объектами / Л.А. Дымкан, В.А. Богатырев, О.И. Соколов, В.К. Плотников, Н.В. Репко, А.А. Салфетников // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – Краснодар :КубГАУ. – 2016. – № 120. – С. 675-705.
3. Плотников В.К. Сортоспецифичность действия Трилона Б на прорастание семян озимого ячменя / В.К. Плотников, Е.В. Смирнова, Н.В. Репко, Н.В. Салфетников // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – Краснодар :КубГАУ. – 2016. – № 120. – С. 706-729.
4. Репко Н.В. Динамика мирового производства ячменя / Н.В. Репко, К.В. Сухина, Д.Н. Сердюков, Е.В. Смирнова, В.В. Шалапин // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – Краснодар :КубГАУ. – 2022. – № 179. – С. 222-231.
5. Репко, Н. В. Состояние и перспективы возделывания озимого ячменя в ЮФО / Н. В. Репко, Е. Г. Филиппов // Достижения, направления развития с.-х. науки России : сб. науч. тр. / ВНИИЗК. – Ростов н/Д, 2005. – Т. 3. – С. 124–129.

References

1. Dzyuba, V.A. K metodike provedeniya gibridologicheskogo analiza gibridov zernovy'x kul'tur / V.A. Dzyuba, L.V. Esaulova, I.N. Chixir', E.N. Lapina// Zernovoe hozyajstvo Rossii. – 2012 – №3 (21). – S. 8-13.
2. Dy'mkan L.A. Vzaimodejstvie nanochasticz zolota, serebra i magniya s rastitel'ny'mi ob'ektami / L.A. Dy'mkan, V.A. Bogaty'rev, O.I. Sokolov, V.K. Plotnikov, N.V. Repko, A.A. Salfetnikov // Politematicheskij setevoy e'lektronny'j nauchny'j zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – Krasnodar :KubGAU. – 2016. – № 120. – S. 675-705.
3. Plotnikov V.K. Sortospecifichnost` dejstviya Trilona B na prorastanie semyan ozimogo yachmenya / V.K. Plotnikov, E.V. Smirnova, N.V. Repko, N.V. Salfetnikov // Politematicheskij setevoy e'lektronny'j nauchny'j zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – Krasnodar :KubGAU. – 2016. – № 120. – S. 706-729.
4. Repko N.V. Dinamika mirovogo proizvodstva yachmenya / N.V. Repko, K.V. Suxini-na, D.N. Serdyukov, E.V. Smirnova, V.V. Shalyapin // Politematicheskij setevoy e'lektronny'j nauchny'j zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – Krasnodar :KubGAU. – 2022. – № 179. – S. 222-231.
5. Repko, N. V. Sostoyanie i perspektivy` vozdeley`vaniya ozimogo yachmenya v YuFO / N. V. Repko, E. G. Filippov // Dostizheniya, napravleniya razvitiya s.-x. nauki Rossii : sb. nauch. tr. / VNIIZK. – Rostov n/D, 2005. – Т. 3. – S. 124–129.