УДК 633.111(571.51)

В.И. Никитина, А.А. Количенко

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СТАБИЛЬНОСТИ СОРТОВ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ НА СОРТОУЧАСТКАХ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ

V.I. Nikitina, A.A. Kolichenko

THE EVALUATION OF ECOLOGICAL STABILITY OF SPRING SOFT WHEAT VARIETIES ON VARIETY PLOTS OF KRASNOYARSK REGION

Никитина В.И. – д-р биол. наук, проф. каф. ландшафтной архитектуры, ботаники, агроэкологии Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск.
E-mail: vi-nikitina@mail.ru

Количенко А.А. – начальник филиала ФГБУ «Государственная комиссия Российской Федерации по испытанию и охране селекционных достижений» по Красноярскому краю, Республике Хакасия и Республике Тыва, г. Красноярск.
E-mail: vi-nikitina@mail.ru

Nikitina V.I. – Dr. Biol. Sci., Prof., Chair of Landscape Architecture, Botany, Agroecology, Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk.
E-mail: veranikitina@rambler.ru

Kolichenko A.A. – Head, FSBI “State Commission of the Russian Federation for Test and Protection of Selection Achievements” in Krasnoyarsk Region, the Republic of Khakassia and the Republic of Tyva, Krasnoyarsk.
E-mail: vi-nikitina@mail.ru

Цель исследования – определить экологическую стабильность сортов яровой мягкой пшеницы, проходящих испытание на госсортоучастках Красноярского края. Для изучения были выбраны 16 сортов мягкой яровой пшеницы разных групп спелости: раннеспелые (Новосибирская 15); среднеранние (Алтайская 70, Новосибирская 29, Новосибирская 31, Памяти Вавенкова, Омская 32, Канская, Новосибирская 41); среднеспелые (Новосибирская 18, Сибирский альянс, Алтайская 75, Омская краса, Предгорная, Курагинская 2, Красноярская 12); среднепоздние (Свирель), – проходящих испытание на 8 сортоучастках края (Краснотуранский, Каратузский, Минусинский, Назаровский, Сухобузимский, Саянский, Ужурский, Уярский) по двум предшественникам (черный пар, зерновые) в 2016–2018 гг. Сортоучастки охватывают основные растениеводческие зоны возделывания яровой пшеницы в крае (III–VIII). В результате их изучения с использованием методики Н.А. Соболева (1980) по оценке экологической стабильности выделились сорта, которые обеспечили более устойчивую урожайность в резко различающихся агроэкологических условиях: Курагинская 2 (ГНУ Красноярский НИИСХ), Красноярская 12 (ГНУ Красноярский НИИСХ), Новосибирская 18 (ГНУ Сибирский НИИРС СО РАСХН). В формирование урожайности за годы исследований наибольший вклад внесли географические условия расположения сортоучастков (географический пункт) – 48,2 % и взаимодействие факторов «годы × сортоучастки» – 16,0 %. Определились географические пункты с лучшими экологическими условиями для формирования продуктивности: Уярский и Ужурский сортоучастки. Сорта пшеницы отличались изменчивостью стабильности урожайности в зависимости от условий выращивания. Стабильную и хорошую урожайность показали в разнообразных условиях вегетации сорта: Канская, Алтайская 70, Омская 32, Новосибирская 31. Сорта с низким показателем относительной стабильности урожайности, но с высоким генетическим потенциалом продуктивности следует возделывать в более благоприятных географических пунктах с высоким уровнем агротехники: Предгорная, Омская краса, Алтайская 75, Свирель.

Ключевые слова*: яровая мягкая пшеница, стабильная урожайность, изменчивость, географический пункт, сортоучасток, взаимодействие.*

The research objective was to define ecological stability of the varieties of spring soft wheat passing test on state variety plot of Krasnoyarsk Region. For studying 16 varieties of soft spring wheat of different groups of ripeness were chosen: early ripe (Novosibirskaya 15); mid-early (Altaiskaya 70, Novosibirskaya 29, Novosibirskaya 31, Pamyati Vavenkova, Omskaya 32, Kanskaya, Novosibirskaya 41); mid-season (Novosibirskaya 18, Siberian Alliance, Altaiskaya 75, Omskaya krasa, Predgornaya, Kuraginskaya 2, Krasnoya-rskaya 12); mid-late (Svirel), passing test on 8 variety plots of the region (Krasnoturansky, Karatuzsky, Minusinsk, Nazarovsky, Sukhobuzimsky, Sayansky, Uzhursky, Uyarsky) on two predecessors (black fallow, grain) in 2016–2018 variety plots were covered by the main crop zones of cultivation of a spring wheat in the region (III–VIII). As a result of their studying applying the method of N.A. Sobolev (1980) according to ecological stability varieties which provided steadier productivity in sharply differing agroecological conditions were allocated: Kuraginskaya 2 (Krasnoyarsk RDIA), Krasnoyarskaya 12 (Krasnoyarsk RDIA), Novosibirskaya 18 (Siberian RDIPGS RAAS). In the formation of productivity for years of researches the greatest contribution was made by geographical conditions of the arrangement of variety plot (geographical point) – 48.2 % and interaction of factors "years × variety plots" – 16.0 %. Geographical points with the best ecological conditions for efficiency formation were found: Uyarsky and Uzhursky variety plots. The varieties of wheat differed in variability of stability of productivity depending on cultivation conditions. Stable and good productivity was shown in various conditions of vegetation of the varieties: Kanskaya, Altai skaya 70, Omskaya 32, Novosibirskaya 31. The varieties with a low indicator of relative stability of productivity, but with a high genetic potential of efficiency are necessary to be cultivated in more favorable geographical points with high level of agrotechnology: Predgornaya, Omskaya krasa, Altaiskaya 75, Svirel.

***Keywords**: spring wheat, stable productivity, variability, geographical point, variety plot, interaction.*

Введение. Необходимым условием для улучшения экономического и экологического состояния агропромышленного комплекса в Красноярском крае является устойчивый рост валового сбора зерна. Важную роль в стабильности его повышения отводится сорту. Современное растениеводство предъявляет к возделываемым сортам определенные требования: высокая стабильная урожайность, хорошие технологические показатели качества зерна, пригодность к возделыванию в данном регионе.

Разнообразие агроэкологических условий в земледельческой зоне Красноярского края, неустойчивость погодных условий, недостаточная приспособленность возделываемых сортов приводит к резким колебаниям урожайности пшеницы по годам, как по отдельным почвенно-географическим зонам, так и в среднем по краю. Поэтому ценными будут те сорта, которые имеют более высокую урожайность и меньший размах ее колебаний в разных условиях вегетации.

А.А. Жученко считал, что одной из причин увеличения в стране разрыва между урожайностью основных культур на сортоучастках и в производстве является низкая надежность оценки агроэкологической адаптивности сортов и гибридов по результатам их сортоиспытания [3].

ФГБУ «Государственная комиссия Российской Федерации по испытанию и охране селекционных достижений» («Госсорткомиссия») оценивает сорта по средней урожайности на сортоучастках, не учитывая их экологической стабильности. Полученные сведения о приспособительных свойствах позволят более точно определить ареал оптимального агроэкологического районирования сорта по зонам, а также, учитывая его пластичность, создать ему соответствующие условия выращивания [1, 2, 4–6].

Цель исследования: определить экологическую стабильность сортов яровой мягкой пшеницы, проходящих испытание на госсортоучастках края.

Исходный материал и методы исследования. Для изучения были выбраны 16 сортов мягкой яровой пшеницы разных групп спелости: раннеспелые (Новосибирская 15); среднеранние (Алтайская 70, Новосибирская 29, Новосибирская 31, Памяти Вавенкова, Омская 32, Канская, Новосибирская 41); среднеспелые (Новосибирская 18, Сибирский Альянс, Алтайская 75, Омская краса, Предгорная, Курагинская 2, Красноярская 12); среднепоздние (Свирель), – про-

ходящих испытание на 8 сортоучастках края (Краснотуранский, Каратузский, Минусинский, Назаровский, Сухобузимский, Саянский, Ужурский, Уярский) по двум предшественникам (черный пар, зерновые) в 2016–2018 гг. Сортоучастки охватывают основные растениеводческие зоны возделывания яровой пшеницы в крае (III–VIII).

Взаимодействие «генотип × среда», достоверность влияния отдельных факторов на урожайность определяли методом четырехфакторного дисперсионного анализа [9].

Экологическую стабильность изучаемых сортов оценивали по методике Н.А. Соболева [10].

Закладка опытов, учеты и наблюдения на сортоучастках проводятся в соответствии с методикой государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур [7, 8].

Результаты исследования и их обсуждение. Несовпадение показателей по урожайности зерна у сортов при дисперсионном анализе дает вариансу, которая отражает взаимодействие изучаемых факторов. Чем больше уровень урожайности сортов варьирует и не совпадает, тем выше доля изменчивости, обусловленная взаимодействием «генотип × среда».

Преобладающий вклад в общую фенотипическую изменчивость урожайности внесли географические условия расположения сортоучастков (географический пункт) – 48,2 %, взаимодействие факторов «годы × сортоучастки» – 16,0 % (рис. 1). Чрезвычайное разнообразие агроэкологических условий вегетации в зональном аспекте и по годам вызывает высокую вариабельность урожайности сортов в разных географических пунктах.

Самая высокая урожайность изучаемых сортов была получена на Уярском и Ужурском сортоучастках (рис. 2). В данных географических пунктах они способны более максимально использовать природные и агротехнические факторы для реализации потенциальной продуктивности. Худшие условия вегетации складывались для формирования урожайности на Каратузском и Саянском сортоучастках.

На генотипические различия между сортами пшеницы и влияние предшественников приходилось только 4,8; 5,0 % от общей изменчивости урожайности.

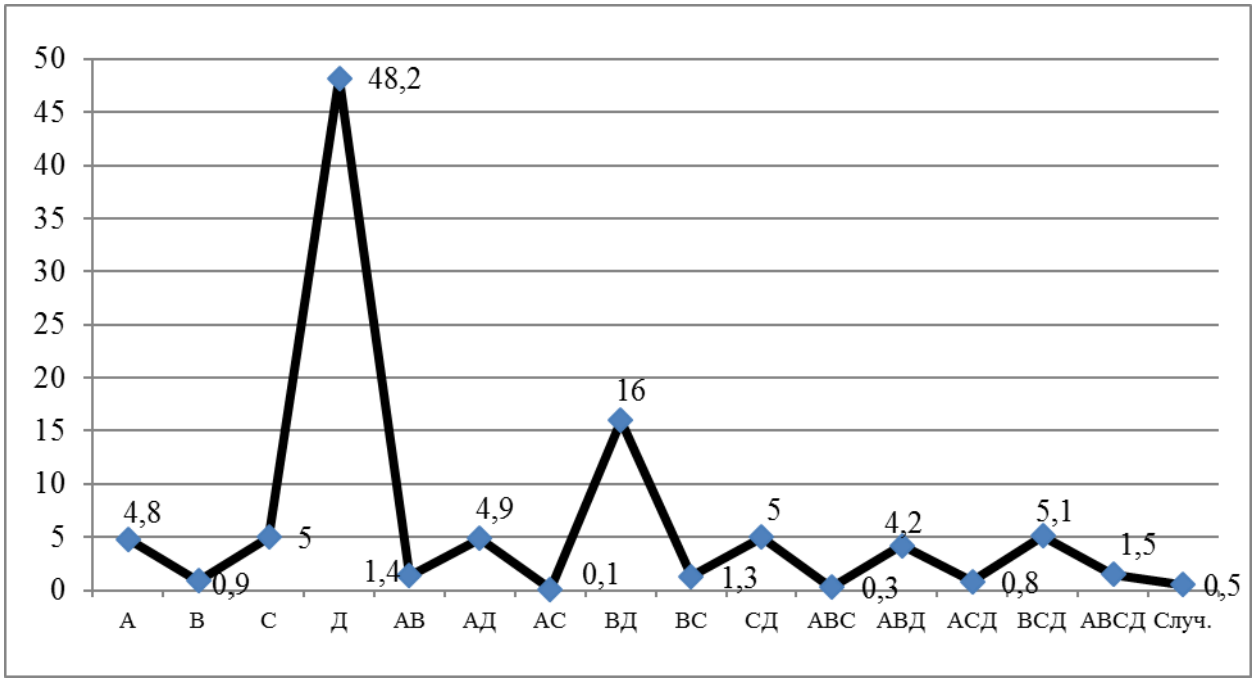

Рис. 1. Доля влияния факторов на изменчивость урожайности, %:
А – сорта; В – годы; С – предшественники; Д – сортоучастки (географическая зона)

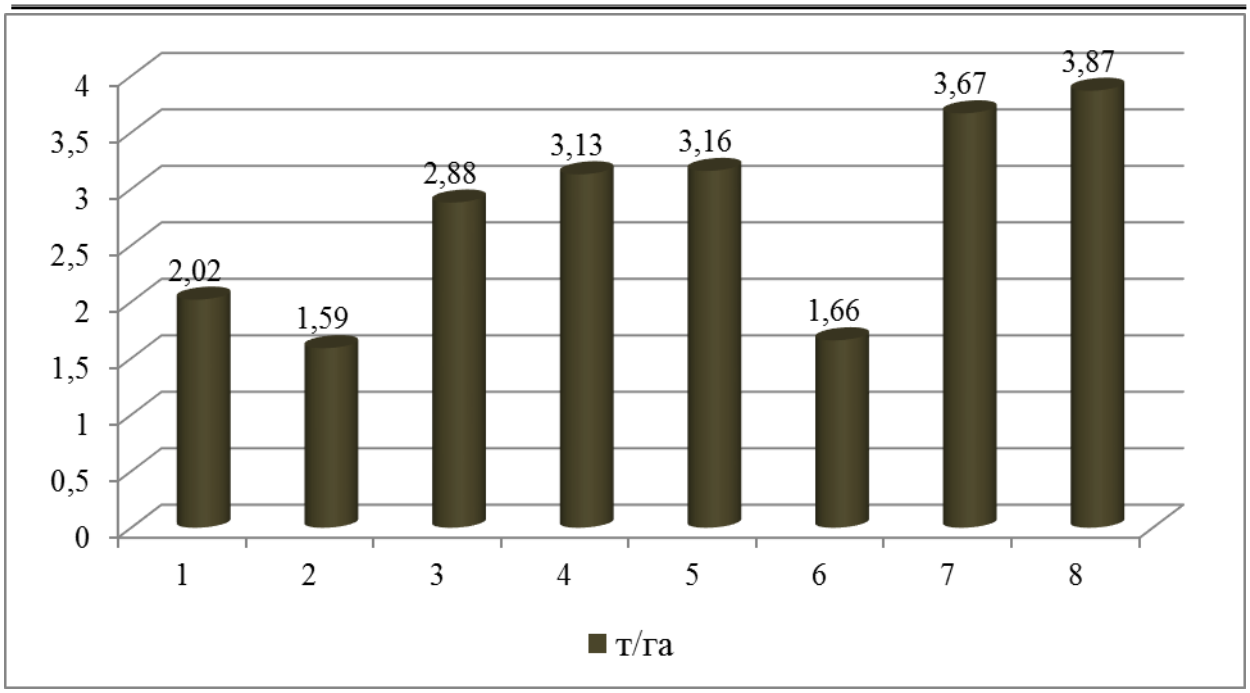

Рис. 2. Средняя урожайность изучаемых сортов яровой пшеницы по сортоучасткам края, т/га ($НСР_{05}$ = 0,21): сортоучастки – 1 – Краснотуранский; 2 – Каратузский; 3 – Минусинский; 4 – Назаровский; 5 – Сухобузимский, 6 – Саянский; 7 – Ужурский; 8 – Уярский

Вклад условий вегетации «годы» в изменчивость урожайности по сравнению с другими факторами менее значителен – 0,9 %. Средняя урожайность была более низкой в 2016 г. (2,62 т/га) и высокой – в 2018 г. (2,90 т/га).

Доля влияния других взаимодействий между изучаемыми факторами была существенна и составляла от 0,1 (АС) до 5,1 % (ВСД). Влияние отрицательного взаимодействия (типа сорт × географический пункт, годы × географический пункт, предшественник × географический пункт и др.) можно преодолеть, выращивая большее число сортов в одном регионе, располагая их по лучшим предшественникам и географическим зонам, соблюдая агротехнику возделывания. Необходимо использовать также влияние положительного взаимодействия факторов (сорт × год, сорт × географический пункт и др.), т. е. способность данного сорта активнее использовать погодные условия вегетации и географического пункта, успешнее противостоять болезням и вредителям и т. д.

Растениеводство интересует уровень и стабильность урожайности возделываемых сортов. Основным требованием, предъявляемым к современным сортам, является устойчивость к лимитирующим урожайность факторам среды.

Нестабильность сорта даже при высоком уровне урожайности может нанести определенный вред экономике производства. Высокая урожайность зерна в отдельные годы вызывает затруднения с транспортом для уборки и его перевозки, с первичной обработкой и сушкой зерна, складскими помещениями для хранения зерна. В годы же с низкой урожайностью производство недополучает продукцию как для продажи государству, так и для собственных нужд, техника загружается не полностью. Высокая экологическая стабильность при низкой средней урожайности сорта также дает недостаточно высокий уровень доходности производства. Поэтому необходимо выбирать такие сорта, которые в течение нескольких лет будет давать высокие и стабильные урожаи.

Н.А. Соболев предлагает оценивать экологическую стабильность, пользуясь показателем относительной стабильности признака (st^2) [10]:

$$st^2 = (\bar{x}^2 - s^2)/\bar{x}^2, \quad (1)$$

где $\bar{x}$ – средний урожай сорта; s^2 – общая дисперсия урожаев данного сорта.

Чем больше величина st^2, тем выше экологическая стабильность изучаемого сорта.

Средняя стабильная урожайность определяется при помощи критерия А:

$$A = \sqrt{(\bar{x}^2 - s^2)}.$$

Чем выше значение критерия, тем более высокий уровень средней стабильной урожайности получен у сорта в данных условиях.

Наше исследование показало, что изучаемый материал представлен сортами, в различной степени сочетающих среднюю урожайность и стабильность (табл.).

Параметры экологической стабильности сортов яровой пшеницы по урожайности (2016–2018 гг.) (по данным 96 дат)

Сорт	Средняя урожайность ($\bar{x}$)		Показатель стабильности (st^2)	Стабильная урожайность (А)	
	т/га	место		т/га	место
Алтайская 70	2,68	8	0,81	2,42	4
Канская	2,56	12	0,88	2,40	5
Новосибирская 15	2,31	14	0,53	1,68	15
Новосибирская 29	2,52	13	0,53	1,83	14
Новосибирская 31	2,66	9	0,80	2,37	6
Новосибирская 41	2,63	10	0,77	2,30	8
Новосибирская 18	2,94	4	0,86	2,72	3
Омская 32	2,57	11	0,84	2,36	7
Омская Краса	3,00	3	0,43	1,97	11
Памяти Вавенкова	2,23	15	0,76	1,95	12
Алтайская 75	2,94	4	0,52	2,12	10
Красноярская 12	2,86	7	0,72	2,74	2
Курагинская 2	3,09	2	0,87	2,89	1
Предгорная	3,17	1	0,38	1,95	12
Свирель	2,93	5	0,43	1,92	13
Сибирский Альянс	2,89	6	0,62	2,27	9
$НСР_{05}$	0,21	–	–	0,27	–

По средней урожайности в исследуемые годы заслуживают внимания среднеспелые сорта: Предгорная, Курагинская 2, Омская краса. Самую низкую урожайность показали среднеранний сорт Памяти Вавенкова и раннеспелый – Новосибирская 15.

Самая высокая стабильная урожайность оказалась у сорта Курагинская 2, который по средней арифметической урожайности в классовых интервалах ранжированного ряда занимал второе место, по экологической стабильности – первое.

Заслуживает внимания сорт Красноярская 12, который по средней урожайности занимал 7-е место, по стабильной – 2-е.

Сорт пшеницы Предгорная, выделившийся самой высокой средней урожайностью, показал низкую стабильную урожайность – 12-е место. Показатель относительной стабильности признака (st^2) у данного сорта самый низкий (0,38), что говорит о его интенсивности и требовательности к условиям возделывания.

К группе сортов, отзывчивых на улучшение условий выращивания, но имеющих стабильную урожайность в ранжированном ряду ниже по сравнению с средней арифметической относятся: Предгорная, Омская краса, Алтайская 75, Свирель, Сибирский альянс.

Выделены сорта яровой пшеницы, способные давать высокую, но при этом стабильную

урожайность не только в благоприятных, но и в контрастных условиях выращивания: Курагинская 2, Красноярская 12, Новосибирская 18.

Высоким показателем относительной стабильности урожайности характеризуются сорта Канская, Алтайская 70, Омская 32, Новосибирская 31, которые имели в разнообразных условиях среды стабильные и хорошие урожаи.

Определилась группа образцов, имеющая низкие и стабильные урожаи в разнообразных условиях выращивания: Новосибирская 15, Новосибирская 29.

Выводы. Изученные сорта яровой мягкой пшеницы в разных агроэкологических условиях края отличались изменчивостью стабильности урожайности и показали значительные различия по средней и стабильной урожайности. По показателю относительной стабильности признака наименее стабильными в различных условиях вегетации и разных географических пунктах оказались следующие сорта: Предгорная, Омская краса, Алтайская 75, Свирель, Сибирский альянс.

В резко различающихся агроэкологических условиях обеспечили более устойчивую урожайность зерна сорта Курагинская 2 (ГНУ Красноярский НИИСХ), Красноярская 12 (ГНУ Красноярский НИИСХ), Новосибирская 18 (ГНУ Сибирский НИИРС СО РАСХН), которые лучше использовали условия среды для формирования продуктивности.

Сорта интенсивного типа с высоким генетическим потенциалом продуктивности следует возделывать в более благоприятных географических пунктах с высоким уровнем агротехники: Предгорная, Омская краса, Алтайская 75, Свирель.

Стабильную и хорошую урожайность имели в разнообразных условиях вегетации сорта: Канская, Алтайская 70, Омская 32, Новосибирская 31.

Для объективной и полной характеристики сортов при сортоиспытании необходимо использовать сочетание различных статистических методов и показателей, характеризующих их потенциальные возможности. Показатели пластичности и стабильности позволят определить ареал оптимального агроэкологического районирования сортов, ранжировать их для интенсивной и экстенсивной технологий возделывания.

Литература

1. *Амелин А.В.* и др. Роль сорта в формировании урожая // Земледелие. – 2002. – № 1. – С. 42.
2. *Валекжанин В.С.* Экологическая пластичность и стабильность сортов и линий яровой мягкой пшеницы по урожайности и элементам ее структуры в условиях Приобской лесостепи Алтайского края: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – Барнаул, 2012. – 15 с.
3. *Жученко А.А.* Стратегия адаптивной интенсификации сельского хозяйства: концепция. – Пущино, 1994. – 148 с.
4. *Ионова Е.В., Газе В.Л., Некрасов Е.И.* Перспективы использования адаптивного районирования и адаптивной селекции сельскохозяйственных культур // Зерновое хозяйство России. – 2013. – № 3 (27). – С. 19–21.
5. *Краснова Ю.С.* и др. Экологическая пластичность сортов мягкой яровой пшеницы в условиях Южной лесостепи Западной Сибири // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6. – URL: http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=16182.
6. *Мелехина Т.С.* Экологическая пластичность и стабильность сортов яровой и озимой мягкой пшеницы, озимой ржи по урожайности и качеству зерна в условиях юго-востока Западной Сибири: автореф. дис. … канд. с.-х. наук. – Барнаул, 2015. – 15 с.
7. Методика государственного сортоиспытания с.-х. культур (общая часть). Вып. 1. – М.: Колос, 1985. – 269 с.
8. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Вып. 2. Зерновые, крупяные, зернобобовые, кукуруза и кормовые культуры / ред. *А.И. Григорьева*. – М.: Колос, 1989. – 194 с.
9. *Снедекор Дж.У.* Статистические методы в применении к исследованиям в сельском хозяйстве и биологии. – М.: Изд-во с.-х. литературы, 1961. – 503 с.
10. *Соболев Н.А.* Методика оценки экологической стабильности сортов и генотипов // Проблемы отбора и оценки селекционного материала. – Киев: Наук. думка, 1980. – С. 100–106.

Literatura

1. *Amelin A.V.* i dr. Rol' sorta v formirovanii urozhaja // Zemledelie. – 2002. – № 1. – S. 42.
2. *Valekzhanin V.S.* Jekologicheskaja plastichnost' i stabil'nost' sortov i linij jarovoj mjagkoj pshenicy po urozhajnosti i jelementam ee struktury v uslovijah Priobskoj lesostepi Altajskogo kraja: avtoref. dis. ... kand. s.-h. nauk. – Barnaul, 2012. – 15 s.
3. *Zhuchenko A.A.* Strategija adaptivnoj intensifikacii sel'skogo hozjajstva: koncepcija. – Pushhino, 1994. – 148 s.
4. *Ionova E.V., Gaze V.L., Nekrasov E.I.* Perspektivy ispol'zovanija adaptivnogo rajonirovanija i adaptivnoj selekcii sel'skohozjajstvennyh kul'tur // Zernovoe hozjajstvo Rossii. – 2013. – № 3 (27). – S. 19–21.
5. *Krasnova Ju.S.* i dr. Jekologicheskaja plastichnost' sortov mjagkoj jarovoj pshenicy v uslovijah Juzhnoj lesostepi Zapadnoj Sibiri // Sovremennye problemy nauki i obrazovanija. – 2014. – № 6. – URL: http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=16182.
6. *Melehina T.S.* Jekologicheskaja plastichnost' i stabil'nost' sortov jarovoj i ozimoj mjagkoj pshenicy, ozimoj rzhi po urozhajnosti i kachestvu zerna v uslovijah jugo-vostoka Zapadnoj Sibiri: avtoref. dis. … kand. s.-h. nauk. – Barnaul, 2015. – 15 s.
7. Metodika gosudarstvennogo sortoispytanija s.-h. kul'tur (obshhaja chast'). Vyp. 1. – M.: Kolos, 1985. – 269 s.
8. Metodika gosudarstvennogo sortoispytanija sel'skohozjajstvennyh kul'tur. Vyp. 2. Zernovye, krupjanye, zernobobovye, kukuruza i kormovye kul'tury / red. *A.I. Grigor'eva*. – M.: Kolos, 1989. – 194 s.
9. *Snedekor Dzh.U.* Statisticheskie metody v primenenii k issledovanijam v sel'skom hozjajstve i biologii. – M.: Izd-vo s.-h. literatury, 1961. – 503 s.
10. *Sobolev N.A.* Metodika ocenki jekologicheskoj stabil'nosti sortov i genotipov // Problemy otbora i ocenki selekcionnogo materiala. – Kiev: Nauk. dumka, 1980. – S. 100–106.