



ОСОБЕННОСТИ ВЛИЯНИЯ ДИНАМИКИ ТЕМПЕРАТУРЫ И СУММЫ ОСАДКОВ НА УРОЖАЙНОСТЬ ОЗИМОЙ РЖИ В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕГО УРАЛА

Г. Н. ПОТАПОВА,

кандидат сельскохозяйственных наук, заведующая отделом,

Уральский научно-исследовательский институт сельского хозяйства

(620061, г. Екатеринбург, ул. Главная, д. 21; тел.: 8 (343) 252-75-00; e-mail: gpotapova_53@mail.ru)

Ключевые слова: озимая рожь, метеорологические условия, урожайность, средняя температура воздуха, сумма осадков, анализ корреляционной зависимости, стрессовые условия.

Урожайность образцов озимой ржи в питомнике конкурсного испытания при использовании постоянной агротехники выращивания в последние 25 лет изменялась от 1,58 т/га (1998 г.) до 6,98 т/га (2011 г.). Корреляционный анализ между величиной средней урожайности озимой ржи, средней температурой и суммой осадков в основные этапы и месяцы вегетации озимой ржи показал низкую степень влияния данных факторов на урожайность ($r = 0,3-0,4$). Установлено высокое отрицательное влияние продолжительности зимнего периода $r = -0,590$ и жаркой погоды в июне $r = -0,781$. Анализ, сделанный отдельно по годам с низкой, средней и высокой урожайностью озимой ржи, позволил установить особенности динамики данных факторов, которые были причиной снижения урожайности ржи. В годы с высокой урожайностью колебания температуры и суммы осадков были близки к среднегодовым показателям. Изменения погодных условий происходили постепенно, и стрессовые ситуации не возникали. В годы с низкой урожайностью посеvy ржи находились в условиях стресса, связанного с жаркой и сухой погодой или избытком осадков во время активной вегетации: осенью, весной и летом; морозными и продолжительными зимами. При этом изменение погодных условий происходило очень быстро в течение короткого времени. Приспосабливаясь к изменению внешних условий, растения не имели возможности реализовать продуктивный потенциал. В годы со средним уровнем урожайности стрессовые ситуации действовали в осенний и зимний периоды, а весной и летом условия были лучше по сравнению с годами с низкой урожайностью. Полученные результаты подтверждают, что погодные условия (динамика температуры воздуха и выпадения осадков) на территории Среднего Урала в отдельные годы являются причиной сильного снижения урожайности озимой ржи.

SPECIFICS OF INFLUENCE OF DYNAMICS OF TEMPERATURE AND PRECIPITATION ON THE CROP CAPACITY OF WINTER RYE IN THE CONDITIONS OF THE MIDDLE URAL

G. N. POTAPOVA,

candidate of agricultural sciences, head of department, Ural Scientific Research Institute of Agriculture

(21 Glavnaya Str., 620061, Ekaterinburg; tel.: +7 (343) 252-72-81; e-mail: gpotapova_53@mail.ru)

Keywords: winter rye, metrological conditions, crop capacity, mean air temperature, precipitation, correlation analysis, stress conditions.

The rate of an average yield samples of a winter rye in a competitive testing changed from 1.58 t/ha (1998) to 6.98 t/ha (2011) in last 25 years with using a stabile agrotechnology. The correlation analysis between value an average yield and an mean air temperature and a rainfall in basic stage and month of vegetation of winter rye showed a low degree of influence this factors on yield ($r = 0.3-0.4$). Establish that the duration of winter period ($r = -0.590$) and a hot weather in June ($r = -0.781$) influence negatively on a yield. The analysis that done separate by years with a low, medium, high yield of a winter rye allowed to ascertain dynamics investigation factors that were a reason reduction of an yield. In years with a high yield, a cycling of temperature and a rainfall were closer to mean annual indexes. Changes of weather conditions occur little by little and stress situation did not happen. In years with a low yield, sowings of a winter rye were in a stress situation connected with hot and dry weather or an excess rainfall in the time of an active vegetation an autumn, a spring, a summer and frosty, long winters. Also, change of weather conditions was very fast during for short time. Plants had not the opportunity to realize the productive potential, because they were adapting to change of conditions. In years with a mean rate of a yield distress situations functioned in an autumn and winter period, but spring and summer conditions were better than in years with a low yield. Received results confirmed that weather conditions (dynamics of air temperature and rainfall) are reasons a strong reduction of a yield of winter rye on the Middle Ural.

Положительная рецензия представлена Е. П. Шаниной,
доктором сельскохозяйственных наук, заведующей отделом селекции картофеля
Уральского научно-исследовательского института сельского хозяйства.



Озимая рожь до конца XX столетия входила в число основных зерновых культур, которые возделывались на территории Среднего Урала. Зерно ржи длительное время в основном использовали для выпечки хлеба. На корм скоту и для производства этилового спирта зерно используется в небольшом количестве [1, 2, 3]. В Свердловской области в последние годы посе́вы озимой ржи занимают менее 20 тыс. га [4]. В то же время в странах Западной Европы потребность в ржаном хлебе увеличивается, так как научные исследования подтвердили, что ежедневное употребление ржаного хлеба способствует сохранению здоровья людей и повышению их иммунитета [5, 6].

Озимая рожь лучше других зерновых культур адаптирована к особенностям погодных условий, которые складываются на территории Среднего Урала [7]. Современные сорта ржи при соблюдении технологии возделывания формируют урожайность зерна до 5–6 т/га [8]. При этом величина урожайности озимой ржи, полученной в питомнике конкурсного испытания Уральского НИИСХ, при использовании одной технологии выращивания на протяжении последних 25 лет колебалась от 1,58 т/га (1998 г.) до 6,98 т/га (2011 г.). В связи с этим было необходимо выяснить, динамика каких климатических факторов приводила к резкому снижению урожайности этой культуры.

Цель и методика исследований. Цель работы – анализ динамики средней температуры воздуха и суммы осадков в основные этапы и месяцы вегетации в годы с низким, средним и высоким уровнем урожайности озимой ржи в питомнике конкурсного испытания. В данной статье впервые представлены результаты анализа особенностей изменения погодных условий и их влияния в годы с различным уровнем урожайности (низким, средним, высоким) образцов озимой ржи.

Исследования проводились в Уральском НИИСХ с 1989 по 2014 г. в питомнике конкурсного испытания, где в сравнении со стандартными сортами ежегодно проводилась оценка 20–25 перспективных сортов и селекционных образцов озимой ржи. Для анализа использовали среднюю величину урожайности образцов ржи в питомнике конкурсного испытания (КСИ), полученную в каждый год выращивания. Урожайность стандартного сорта также можно использовать, поскольку коэффициент корреляции между средней урожайностью в питомнике и урожайностью стандартного сорта составил $r = 0,98$. Но в разные годы исследований в связи с закономерным процессом сортосмены в качестве стандартных сортов высевались разные сорта озимой ржи.

Посев проводили по чистому пару 22–23 августа на делянках площадью 20 м² в четырех повторениях селекционной сеялкой СФК. Норма высева – 5 млн

всхожих зерен на гектар. До посева вносили по 1 ц/га сложных минеральных удобрений. После посева в сухую погоду почву прикатывали. Весной проводили подкормку аммиачной селитрой по 1 ц/га. Обработку семян и посевов пестицидами в питомнике не применяли. Наблюдения и оценки проводили в соответствии с общепринятой методикой [9]. Статистическую обработку результатов выполняли по Б. А. Доспехову [10].

Результаты исследований. Урожайность изучаемых селекционных образцов ржи значительно изменялась в зависимости от года выращивания. Из 25 лет наблюдений были выделены годы с относительно низким, средним и высоким уровнем урожайности. В годы с неблагоприятными погодными условиями (1994, 1996, 1998, 2006 и 2010 гг.) величина урожайности была ниже или немного превышала 2 т/га. Средняя величина урожайности, около 3 т/га и немного выше 4 т/га, была отмечена в течение 11 лет, а высокая (близкая к 5 и выше 6 т/га) наблюдалась 9 лет (рис. 1). Полученные результаты подтверждают общепринятое мнение о высокой адаптивности озимой ржи, но резкое снижение величины урожайности в отдельные годы стало основанием для анализа особенностей погодных условий, оказавших весьма значительное отрицательное влияние на формирование продуктивности растений и величину урожайности посевов озимой ржи.

Основными факторами, оказывающими ежедневное влияние на развитие и рост растений, являются температура и наличие доступной влаги. Корреляционный анализ между величиной средней урожайности озимой ржи, средней температурой и суммой осадков в основные этапы и месяцы вегетации озимой ржи за все годы исследований не позволил установить сильного влияния данных факторов на урожайность, так как величина коэффициентов корреляции была низкой $r = 0,3–0,4$ (табл. 1). Установлено положительное влияние на урожайность ржи повышения температуры в зимние месяцы. Следует отметить высокое отрицательное влияние продолжительности зимнего периода $r = -0,59$ и жаркой погоды в июне $r = -0,781$. Относительно обеспеченности влагой можно сказать, что наблюдался небольшой недостаток влаги в конце августа во время посева и избыток влаги в июле, что связано с полеганием посевов ржи.

Анализ динамики средней температуры воздуха по месяцам вегетационного периода, сделанный в годы с разным уровнем урожайности озимой ржи, показывает, что значительные различия по температурному фактору начинались со второй половины октября (рис. 2). В годы с низкой и средней урожайностью наблюдалось быстрое понижение температуры воздуха в конце октября и начале ноября. При этом условия для закаливания растений перед ухо-



Рис. 1. Изменение средней урожайности селекционных образцов озимой ржи в питомнике конкурсного испытания (1989–2014 гг.)

Таблица 1
Корреляционная зависимость между урожайностью озимой ржи в 1990–2014 гг., средней температурой и суммой осадков за месяц

Показатель	Этапы периода вегетации	Коэффициент корреляции, r	Месяц	Коэффициент корреляции, r*	
				Средняя температура, С°	Сумма осадков, мм
Средняя температура этапа периода вегетации, °С	Осенний	-0,324	Август, 3-я декада	-	0,334
	Летний	-0,331	Ноябрь	0,331	-
Сумма положительных температур, °С	Летний	-0,342	Февраль	0,434	-
Продолжительность этапов периода вегетации, сут.	Зимний	-0,590	Март	0,313	-
	Летний	0,393	Апрель	0,411	-
Глубина промерзания почвы, см	Зимний	-0,374	Июнь	-0,781	-
Сумма отрицательных температур, °С	Зимний	-0,303	Июль	-	-0,416

Примечание: *(-) величина коэффициента корреляции близка к 0,0.

дом в зиму были неблагоприятными. Зимний период оставался холоднее многолетней нормы в годы с низкой урожайностью. Также можно отметить, что в годы с низкой урожайностью ржи весна начиналась позднее, т. е. зима была продолжительней, и наблюдалось медленное повышение температуры в апреле. В мае следовал быстрый переход к жаркой погоде, которая сохранялась и в течение летних месяцев.

В годы со средней урожайностью можно отметить, что большая часть зимы была значительно теплее многолетней нормы и других лет наблюдений. В марте и апреле температура была немного выше, чем в годы с низкой урожайностью. В мае повышение температуры происходило постепенно. В летние месяцы температура была выше многолетней нормы, но ниже, чем в годы с низкой урожайностью.

В годы с высоким уровнем урожайности изменения температуры происходили постепенно, без резких снижений и повышений. Теплая и продолжительная осень, постепенный переход к низким температурам обеспечивали хорошие условия для развития растений ржи и их закалывания. Морозная погода зимой совпадала с накоплением достаточно высокого снежного покрова. Раннее начало весны,

быстрый сход снега, постепенное повышение температуры в апреле и мае способствовали дополнительному кущению растений. В мае и летние месяцы температура была на уровне нормы и ниже по сравнению с остальными годами.

Можно заключить, что динамика температуры в годы с высокой урожайностью при отсутствии резких изменений была наиболее благоприятной для роста и развития растений озимой ржи. В годы с низкой урожайностью экстремальные условия, оказывающие стрессовое влияние на развитие растений ржи, наблюдались в течение всего вегетационного периода. Растения практически на всех этапах роста и развития были вынуждены приспосабливаться к неблагоприятным условиям, которые создавались в связи с особенностями динамики температурного фактора. В результате растения не могли реализовать генетически заложенный в них потенциал продуктивности. В годы со средней урожайностью колебания температуры были менее выражены, поэтому растения имели возможность сформировать урожайность выше, чем в годы с низким уровнем урожайности, но ниже, чем в годы с более благоприятной динамикой температурного фактора.



Рис. 2. Динамика средней месячной температуры воздуха в годы с низкой, средней и высокой урожайностью озимой ржи

Таблица 2
Корреляционная зависимость между урожайностью озимой ржи и средней температурой месяцев вегетации в годы и с низким, средним и высоким уровнем урожайности

Месяц	Коэффициент корреляции, г*					
	Среднемесячная температура, °С			Сумма осадков за месяц, мм		
	Годы с низкой урожайностью	Годы со средней урожайностью	Годы с высокой урожайностью	Годы с низкой урожайностью	Годы со средней урожайностью	Годы с высокой урожайностью
Август, 3-я декада	0,922	0,304	0,514	0,453	-0,331	0,324
Сентябрь	–	–	0,321	–	–	-0,291
Октябрь	-0,523	–	0,492	-0,890	–	-0,494
Ноябрь	–	–	0,443	-0,531	–	0,734
Декабрь	0,471	0,403	–	-0,285	–	0,472
Январь	0,506	–	–	–	0,394	-0,502
Февраль	–	0,314	-0,763	-0,874	0,563	–
Март	0,809	0,563	–	0,307	-0,512	-0,274
Апрель	0,824	–	–	–	–	0,321
Май	-0,287	-0,341	0,324	-0,483	0,345	–
Июнь	-0,312	–	0,558	-0,926	–	-0,334
Июль	-0,706	–	0,427	-0,511	–	–
Август, 1-я и 2-я декады	–	–	0,482	–	–	-0,365

Примечание: (-) величина коэффициента корреляции близка к 0,0.

Установленная закономерность подтверждается результатами корреляционного анализа между величиной урожайности и средней температурой месяцев вегетационного периода растений озимой ржи (табл. 2). В годы с низким уровнем урожайности посевы ржи находились в условиях значительного недостатка тепла во время посева в 3-й декаде августа. В период кушения в октябре повышенная температура оказывала отрицательное влияние. В течение зимнего периода повышение температуры положительно сказывалось на выживаемости растений и урожайности. Установлено особенно сильное влияние недостатка тепла в марте и апреле, что сопровождалось поздними сроками схода снежного покрова и

начала вегетации растений. Начиная с мая, повышение температуры в связи с установлением жаркой погоды оказывало отрицательное влияние на величину урожайности. Особенно сильным это влияние было отмечено в июне, а также июле – в период налива и формирования зерна, продолжительность которого сокращалась на 8–10 дней, по сравнению с благоприятными условиями в годы с высокой урожайностью.

В годы со средним уровнем урожайности недостаток тепла в период посева и зимние месяцы был значительно ниже по сравнению с годами с низкой урожайностью. В весенне-летний период отрицательное стрессовое воздействие оказывал температурный режим в мае, так как повышение температуры

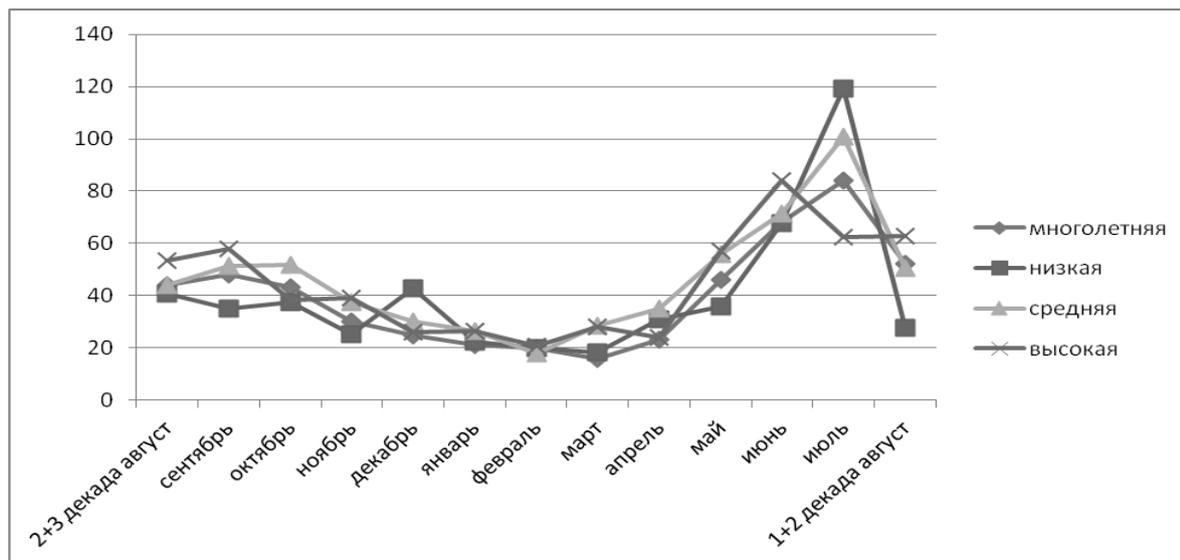


Рис. 3. Особенности динамики суммы осадков за месяц в годы с различным уровнем урожайности озимой ржи

сокращало продолжительность весеннего кущения и ускоряло переход к фазе выхода в трубку и продолжительность этой стадии развития.

В годы с высоким уровнем урожайности установлено высокое отрицательное влияние повышения температуры в феврале. К этому времени снежный покров достигал максимальных значений, поэтому установление относительно теплой погоды с оттепелями, вероятно, повышало интенсивность процессов дыхания у растений под снегом, что вызывало ускоренное расходование питательных веществ в растениях и приводило к ослаблению растений и снижению их выживаемости в зимнее время. Динамика температуры в осеннее время оказывала положительное влияние, поскольку некоторая нехватка тепла снижала интенсивность осеннего роста и кущения растений. Температурный режим в период закаливания (конец октября и начало ноября) и начала зимы (вторая половина ноября) был благоприятным. В большинство зимних месяцев стрессового влияния температуры не установлено. Обнаружено, что в мае и летом посеvy ржи находились в условиях умеренного недостатка тепла, поэтому повышение температуры оказывало положительное влияние. Таким образом, в годы с высокой урожайностью растения ржи находились в условиях благоприятного влияния температурного фактора.

Анализ выпадения осадков в годы проведения исследований, представленный на рис. 3, позволяет отметить, что в годы с низкой урожайностью недостаток осадков наблюдался в осенний период, в мае и июне. Можно отметить избыточное количество осадков в июле, что приводило к сильному полеганию растений ржи и снижению качества зерна. Отрицательная корреляционная зависимость между величиной урожайности и суммой осадков установлена в зимние, весенние и летние месяцы.

Таким образом, в годы с низкой урожайностью растения в течение всего вегетационного периода находились в часто изменяющихся стрессовых условиях, связанных с динамикой температуры и выпадения осадков. Генетические возможности растений по большей части использовались на приспособление к условиям внешней среды, а не на формирование семян, поэтому величина урожайности зерна значительно (в 2,5–3 раза) снижалась. На территории Среднего Урала такие условия наблюдались в один год из пяти.

В годы со средним уровнем урожайности осадков за месяц выпадало несколько больше по сравнению с многолетней нормой. В мае и июне осадков выпадало больше нормы, поэтому растения не испытывали недостатка влаги, как в годы с низкой урожайностью. Корреляционный анализ не выявил значительного влияния данного фактора на величину урожайности озимой ржи. В годы со средней урожайностью продолжительность стрессовых ситуаций и сила их воздействия были выражены слабее, в связи с чем растения могли расходовать больше внутренних ресурсов на формирование урожайности семян.

В годы с высокой урожайностью образцов ржи сумма осадков за месяц находилась на уровне многолетней нормы или превышала ее. Во время посева в августе повышение суммы осадков оказывало положительное влияние. Избыток влаги в сентябре и особенно в октябре совместно с теплой погодой усиливал ростовые процессы и задерживал переход растений к стадии покоя, поэтому установлена отрицательная корреляция между урожайностью и суммой осадков. В начале зимы повышение количества осадков имело положительное значение. В конце зимнего периода с повышением температуры воздуха в марте на уровне узла кущения складывались благоприятные условия для развития грибной инфекции, так как длитель-



ное время сохранялась температура около 0 °С. Выпадение осадков в виде снега в марте отрицательно влияло на величину урожайности. Динамика суммы осадков в весенние и летние месяцы была благоприятной, поэтому значительных корреляционных зависимостей не установлено (табл. 2). Умеренно теплая погода в периоды активной вегетации растений, отсутствие недостатка осадков в мае и июне и малое количество осадков в июле способствовали формированию высокой урожайности и качества зерна.

Выводы. Рекомендации. Формирование урожайности зерна озимой ржи в условиях Среднего Урала в значительной степени определяется динамикой температуры и суммы осадков за месяцы вегетационного периода. В годы с низким уровнем урожайности ржи растения находятся в условиях стресса, связанного с динамикой температурного фактора и сум-

мы осадков практически во все месяцы вегетации, поэтому вынуждены постоянно приспосабливаться к изменяющимся условиям внешней среды, что приводит к снижению величины урожайности семян. В годы со средним уровнем урожайности стрессовые ситуации возникают в отдельные периоды вегетации и приводят к меньшему снижению урожайности зерна. Для формирования высокой урожайности озимой ржи в условиях Среднего Урала необходимы умеренно теплые условия периодов активной вегетации растений при достаточной обеспеченности влагой и короткой зимний период. В связи с тем, что погодные условия на территории Среднего Урала в большинстве лет вегетации являются стрессовыми для посевов озимой ржи, необходимо точнее соблюдать требования агротехники возделывания этой культуры.

Литература

1. Сысуев В. А., Кедрова Л. И., Лаптева Н. К., Уткина Е. И., Вянянен М., Никулина Т. Н. Энергия ржи для здоровья человека. Киров : НИИСХ Северо-Востока, 2010. 103 с.
2. Чубенко Н. Т., Косован А. П. Развитие хлебопечения в России (исторический обзор). М. : Пищепромиздат, 2006. 120 с.
3. Жученко А. А. Рожь – важнейшая продовольственная и кормовая культура России // Агропродовольственная политика. 2012. № 3. С. 14–21.
4. Шестаков П. А., Колотов А. П. Роль озимых культур в растениеводстве в Свердловской области // Озимая рожь: селекция, семеноводство, технологии и переработка : материалы Всерос. науч.-практ. конф. Екатеринбург : Уральский НИИСХ ; Уральское изд-во, 2012. С. 13–20.
5. Гончаренко А. А. Актуальные вопросы селекции озимой ржи. М., 2014. 372 с.
6. Чубенко Н. Т. Хлеб в профилактике заболеваний населения // Хлебопечение России. 2008. № 5. С. 4–5.
7. Жолобова М. С., Потапова Г. Н. Изучение влияния отдельных элементов технологии возделывания озимых культур в условиях Свердловской области // Достижения науки и техники АПК. 2011. № 6. С. 31–33.
8. Потапова Г. Н. Результаты селекции и выращивания озимых зерновых культур на Среднем Урале // Аграрная наука – инновационному развитию АПК в современных условиях : материалы Междунар. науч.-практ. конф., 12–15 февраля 2013. Ижевск, 2013. Т. 1. С. 111–116.
9. Методика по сортоиспытанию сельскохозяйственных растений. М., 1979.
10. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М., 1985. 358 с.

References

1. Sysuev V. A., Kedrova L. I., Lapteva N. K., Utkina E. I., Vyayanyanen M., Nikulina T. N. The energy of rye for man's health. Kirov : Research Inst. of Agriculture of the North-East, 2010. 103 p.
2. Chubenko N. T., Kosovan A. P. The development of a bread baking in Russia (historical review). M. : Pischepromizdat, 2006. 120 c.
3. Zhuchenko A. A. A winter rye is the most important a food and forage cultural of Russia // Agrofood politics. 2012. № 3. P. 14–21.
4. Shestakov P. A., Kolotov A. P. The role of winter cereals in plant cultivation in Sverdlovsk region // Winter rye: breeding, seed growing, technologies and conversion : materials of All-Rus. scientif. pract. conf. Ekaterinburg : Ural Scientific Research Inst. of Agriculture ; Ural's publishers, 2012.
5. Goncharenko A. A. Actual issues of a breeding of a winter rye. M., 2014. 372 p.
6. Chubenko N. T. A bread in the prevention sicknesses of a nation // Breadbaking of Russia. 2008. № 5. P. 4–5.
7. Zholobova M. S., Potapova G. N. The studying of an influence individuals elements of the cultivate technology of a winter cereals in conditions of Sverdlovsk region // Achievements of Science and Technology of AIC. 2011. № 6. P. 31–33.
8. Potapova G. N. Results of a breeding and a cultivation winter cereals on The Middle Ural // The Agrarian science to an innovation improvement AIC in present-day : materials of int. conf., 12–15 February 2013. Izhevsk, 2013. Vol. 1. P. 111–116.
9. The methodology of strain test agricultural plants. M., 1979.
10. Dospikhov B. A. The methodology of a field experiment. M., 1985. 358 p.