

ОТЗЫВЧИВОСТЬ СОРТОВ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ НА АЗОТНОЕ УДОБРЕНИЕ И СВЯЗЬ ЕЕ С КОЭФФИЦИЕНТОМ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФОТОСИНТЕЗА

*И.И. Берестов, доктор с.-х. наук, Е.Л. Долгова, кандидат с.-х. наук,
Р.В. Мельников, Е.В. Лапутько, Т.П. Шемпель*

Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию

(Поступила 13.03.2015 г.)

Аннотация. В статье изложены результаты исследований по изучению отзывчивости новых районированных и перспективных сортов и сортообразцов яровой мягкой пшеницы селекции РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию» на применение азотного удобрения в нормах 100 и 160 кг/га д.в. Отмечены сорта и сортообразцы яровой пшеницы, наиболее отзывчивые на азотное удобрение. Показаны характер и теснота связи оплаты единицы азота удобрений прибавкой урожайности зерна с величиной коэффициента хозяйственной эффективности фотосинтеза ($K_{хоз}$).

Введение. В современных условиях азотные удобрения являются наиболее доступным и эффективным средством, увеличивающим урожайность и улучшающим качество зерна. На дерново-подзолистых почвах они обеспечивают до 90% общей прибавки урожая от применения минеральных удобрений, повышают содержание белка в зерне на 2-3% и более.

Следует отметить, что производство азотных удобрений весьма энергоемко. При химическом синтезе для получения 1 кг азота в виде минеральных удобрений расходуется 2 м³ газа или около 15000 килокалорий энергии. Поэтому рациональное и эффективное использование азотных удобрений имеет большое народно-хозяйственное значение.

Значительный интерес для повышения эффективности применения азотных удобрений представляет селекция агрохимически эффективных сортов, обеспечивающих существенное снижение расхода элементов питания на формирование единицы хозяйственно-ценной части продукции. Как отметил академик Н.И. Вавилов, «химизация земледелия ставит на очередь вопрос о селекции на отзывчивость к удобрениям». Максимальная эффективность от применения агрохимических приемов повышения урожайности сельскохозяйственных культур может быть получена только при наиболее полном учете комплекса биологических, наследственно обусловленных особенностей, присущих не культуре вообще, а возделываемому сорту. Теоретической основой создания агрохимически эффективных сортов является генетика минерального питания растений, основные задачи которой сформулированы Э.Л. Климашевским [1, 2]. В ряде публикаций [3-5] отмечается, что в повышении отзывчивости сортов на удобрение важную роль играет развитие корневой системы и ее физиологи-

ческая деятельность, активность нитратредуктазы, донорно-акцепторные отношения у растений, устойчивость растений к полеганию.

Целью наших исследований было определение отзывчивости новых районированных и перспективных сортов и сортообразцов яровой мягкой пшеницы на применение разных норм азотного удобрения и изучение связи оплаты единицы азота урожайностью зерна с синтезом органического вещества растениями и использованием ассимилятов на формирование генеративных органов и налив зерна.

Методика и условия проведения исследований. Полевые опыты проводили в 2013-2014 гг. на опытном поле РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию». Почва опытного участка – дерново-подзолистая легкосуглинистая хорошо окультуренная. Пахотный горизонт почвы характеризовался слабокислой или близкой к нейтральной степенью кислотности ($pH_{КС1}$ – 5,7-6,4), повышенным содержанием гумуса (2,2-2,4%), подвижных форм фосфора (216-240 мг/кг), калия (234-300 мг/кг), кальция (1365 мг/кг), магния (268 мг/кг), бора (0,75 мг/кг) и низким – меди (1,05 мг/кг) и цинка (2,0 мг/кг). Предшественник – крестоцветные культуры на семена.

Объектами исследований были 16 сортов и сортообразцов яровой мягкой пшеницы селекции РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию»: Рассвет, Ласка, Любава, Сударыня, Весточка, Ласточка, Чайка, 15/10, 5/10, 11/10, 16/10, 18/10, 24/10, 26/10, 27/10, Ростань. Все изучаемые сорта и сортообразцы – среднеспелые и устойчивые к полеганию.

Сорта и сортообразцы возделывали на трех уровнях азотного питания: 1 – условно низким (без применения азотного удобрения); 2 – среднем (за вегетацию пшеницы вносили 100 кг/га д.в. азота, в т.ч. 60 кг/га – в основную заправку почвы до посева и 40 кг/га – в подкормку в начале выхода в трубку) и 3 – высоким (норма азота – 160 кг/га д.в., из которых 100 кг/га вносили до посева и 60 кг/га в подкормку в начале выхода в трубку). Эффективность азотного удобрения (в виде карбамида) изучалась на фоне фосфорного и калийного удобрений (в виде аммонизированного суперфосфата и хлористого калия), которые в дозе $P_{60}K_{120}$ общим фоном вносили осенью под зяблевую вспашку.

Исследования проводили по методике двухфакторного опыта. Учетная площадь делянки – 10 м², повторность – четырехкратная. Посев осуществляли селекционной сеялкой Джон Дир с нормой высева 5 млн/га всхожих зерен. Обработка почвы и уход за растениями соответствовали отраслевому регламенту [6].

Общепринятыми методами в опыте определяли величину абсолютно сухой надземной массы пшеницы в фазу выхода в трубку (ДК 31), колошения (ДК 52-59) и полной спелости зерна (ДК 92). По доле зерна в надземной массе перед уборкой урожая рассчитывали коэффициент хозяйственной эффективности фотосинтеза ($K_{хоз}$) [7]. Уборку урожая проводили во второй декаде августа комбайном Сампо 130. Урожайность зерна была приведена к 100% чистоте и стандартной (14%) влажности.

Статистическая обработка урожайных данных выполнена при помощи двухфакторного дисперсионного анализа, где фактор А – сорт пшеницы, фактор В – норма азота.

Погодные условия в годы проведения исследований (по данным метеостанции Борисов) в первый период вегетации яровой пшеницы благоприятствовали формированию высокой урожайности зерна. В 2013 г. средняя температура воздуха была выше средних многолетних значений в мае на 3,8; в июне – на 2,9; в июле – на 0,6; в августе – на 1,6 °С. Количество выпавших осадков по месяцам составляло соответственно 243, 77, 46 и 49% от нормы. Небольшой дефицит влаги наблюдался лишь в августе в период налива зерна. В 2014 г. налив зерна проходил при неблагоприятных условиях. Среднесуточная температура воздуха в этот период была равна 21-23 °С (на 3-5 °С выше нормы), максимальная – 32-34 °С. При этом количество осадков было недостаточным – 3,4 мм (11% нормы). Аномально высокие температуры воздуха в сочетании с дефицитом влаги существенно снижали урожайность зерна и эффективность азотных удобрений.

Результаты исследований и их обсуждение. Как известно, применение удобрений является важнейшим агротехническим мероприятием, усиливающим фотосинтетическую деятельность растений в посевах. Высокий уровень минерального, особенно азотного, питания в сочетании с благоприятным режимом увлажнения в сильной степени стимулирует ростовые процессы растений, увеличивает размеры фотосинтетического потенциала, который непосредственно сопряжен с урожайностью сухой надземной массы растений [8].

В наших исследованиях применение азотного удобрения в дозе 100 кг/га повышало синтез сухой надземной массы растениями в фазу выхода в трубку в среднем на 18,3%, в фазу колошения – на 36,6% и в фазу полной спелости – на 37,6%, при внесении 160 кг/га азота – соответственно на 57,0; 51,4 и 49,3% (таблица 1).

Все сорта положительно реагировали на усиление уровня азотного питания. При этом между ними наблюдались определенные различия по количеству синтезированной надземной массы. Больше, чем у других сортов, она была у сорта Ростань и сортообразцов 26/10 и 27/10, меньшей – у сорта Ласточка и сортообразцов 11/10 и 18/10. Наибольший прирост надземной массы в фазу полной спелости от внесения 100 кг/га д.в. азота отмечен у сортов Сударыня, Весточка и сортообразцов 5/10 и 27/10 (41,2-46,7%), а от внесения 160 кг/га азота – у сортов Рассвет, Ростань, Ласточка и сортообразцов 5/10 и 27/10 (52,2-58,7%).

Азотные удобрения существенно повышали и урожайность зерна (таблица 2). От внесения 100 кг/га азота она увеличивалась в среднем по всем сортам и сортообразцам на 9,8 ц/га (25,1%), от 160 кг/га азота – на 13,1 ц/га (33,5%).

Наиболее отзывчивыми на применение азотного удобрения в дозе 100 кг/га д.в. оказались сорта Сударыня, Весточка и сортообразцы 16/10 и 27/10. Урожайность зерна у них возрастала на 12,1-15,9 ц/га (29,0-39,3%). Сортообразец 16/10 и сорт Весточка лучше других сортов и образцов реагировали и на внесе-

Таблица 1 – Урожайность сухой надземной биомассы яровой пшеницы в зависимости от сорта и нормы азота, ц/га (среднее за 2013-2014 гг.)

Сорт, образец	Выход в трубку (ДК 31)			Колошение (ДК 52-59)			Полная спелость (ДК 92)		
	Доза азота на фоне Р ₆₀ К ₉₀ , кг/га д.в.								
	0	100	160	0	100	160	0	100	160
Рассвет	9,6	10,6	16,1	37,5	49,8	66,8	69,2	95,6	109,8
Ласка	10,0	11,0	13,9	42,8	55,4	54,8	76,2	96,6	109,9
Любава	8,8	11,2	14,8	54,4	60,2	55,9	72,2	100,8	107,2
Сударыня	9,4	11,2	14,6	49,4	61,2	66,2	78,7	113,1	115,2
Весточка	9,2	9,3	12,4	43,2	65,8	64,3	69,0	101,2	106,0
Ласточка	6,6	7,5	12,6	40,0	45,3	58,2	66,0	96,9	107,4
Чайка	9,0	11,6	15,1	44,0	54,0	68,2	77,4	104,6	109,0
15/10	7,4	10,6	13,8	34,0	59,3	61,9	74,2	102,2	112,0
5/10	10,5	11,1	16,5	44,6	61,6	64,4	77,6	111,0	120,9
11/10	9,8	10,4	14,0	42,0	58,8	64,0	64,6	92,2	101,6
16/10	11,6	13,2	15,1	49,0	71,0	78,2	78,0	101,7	110,6
18/10	7,1	12,1	14,4	38,4	54,1	65,4	70,7	97,4	102,6
24/10	9,6	11,4	15,6	45,1	59,2	73,4	80,4	102,5	109,2
26/10	9,8	12,2	15,4	52,2	75,1	76,0	82,4	109,4	118,5
27/10	9,7	11,8	16,4	45,8	69,8	79,2	77,9	110,0	120,1
Ростань	10,4	10,8	13,6	44,7	65,0	72,8	77,9	104,4	118,6
Средняя	9,3	11,0	14,6	44,2	60,4	66,9	74,5	102,5	111,2
Минимальная	6,6	7,5	12,4	34,0	45,3	54,8	64,6	92,2	101,6
Максимальная	11,6	13,2	16,5	54,4	75,1	79,2	82,4	113,1	120,9

ние повышенной дозы азота (160 кг/га). Прибавка урожайности зерна у них составляла 16,4-18,0 ц/га при оплате 1 кг азота 10,2-11,2 кг зерна. Отзывчивые на применение азотного удобрения сорта и сортообразцы оказались и более урожайными. Сравнительно низкая отзывчивость на применение азотного удобрения отмечена при возделывании сортов Ростань, Любава и сортообразцов 18/10 и 24/10.

При внесении 100 кг/га азота зависимость оплаты азотного удобрения прибавкой урожайности зерна от величины сухой надземной массы пшеницы носила линейный положительный характер и в фазу начала выхода в трубку была слабая ($r = 0,12$), а в фазу колошения и полной спелости зерна – средняя ($r = 0,55^*$). При более высоком уровне азотного питания растений синтез надземной массы сортами пшеницы усиливался, однако это не оказало существенного влияния на оплату азота урожайностью зерна. В период вегетации растений (фазы выход в трубку – полная спелость) связь между анализируемыми признаками была слабая и несущественная ($r = 0,1-0,2$).

В жизни растений важную роль играют донорно-акцепторные отношения, связанные с характером использования образующихся в процессе фотосинтеза ассимилятов (преимущественно на рост вегетативных или на образование генеративных органов). Интегральным показателем донорно-акцепторных отноше-

Таблица 2 – Отзывчивость сортов яровой пшеницы на применение азотного удобрения и коэффициент хозяйственной эффективности фотосинтеза ($K_{хоз}$) (среднее за 2013-2014 гг.)

Сорт, образец	Урожайность зерна, ц/га			Прибавка от азота, ц/га		Оплата 1 кг азота, кг зерна		K _{хоз} , %		
	Норма азота на фоне Р ₆₀ К ₉₀ , кг/га д.в.									
	0	100	160	100	160	100	160	0	100	160
Рассвет	34,2	44,0	49,8	9,8	15,6	9,8	9,8	42,0	40,3	40,0
Ласка	38,0	46,4	50,0	8,4	12,0	8,4	7,5	42,4	41,6	39,5
Любава	38,1	45,4	48,0	7,3	9,9	7,3	6,2	45,2	39,0	38,4
Сударыня	43,0	56,2	58,6	13,2	15,6	13,2	9,8	46,4	43,0	43,8
Восточка	36,8	49,0	53,2	12,2	16,4	12,2	10,2	45,3	41,6	43,2
Ласточка	34,6	44,4	48,2	9,8	13,6	9,8	8,5	44,9	39,8	38,7
Чайка	42,9	50,2	54,9	7,3	12,0	7,3	7,5	47,6	41,4	43,5
15/10	39,8	49,2	52,8	9,4	13,0	9,4	8,1	45,4	41,6	40,6
5/10	41,7	52,4	57,0	10,7	15,3	10,7	9,6	45,8	40,6	40,7
11/10	37,0	44,8	49,8	7,8	12,8	7,8	8,0	49,2	41,6	42,2
16/10	41,7	53,8	59,7	12,1	18,0	12,1	11,2	45,1	45,6	46,6
18/10	36,2	44,2	46,0	8,0	9,8	8,0	6,1	43,6	39,2	39,2
24/10	40,1	47,4	49,4	7,3	9,3	7,3	5,8	42,7	39,6	39,1
26/10	41,0	52,4	53,1	11,4	12,1	11,4	7,6	42,5	41,2	39,0
27/10	40,5	56,4	56,0	15,9	15,5	15,9	9,7	44,8	44,2	40,2
Ростань	39,4	46,8	49,1	7,4	9,7	7,4	6,1	42,8	39,0	35,8
Средняя	39,1	48,9	52,2	9,9	13,2	9,9	8,2	44,7	41,2	40,7

HCP_{05} , доза азота – 1,60-2,32 ц/га,

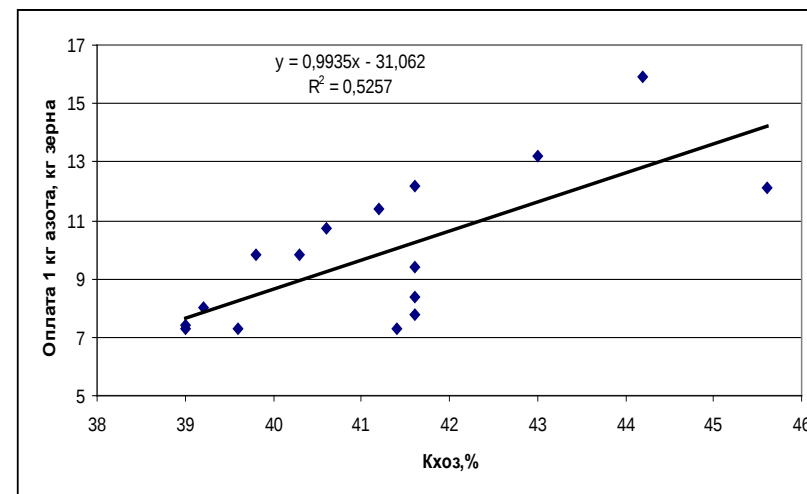
HCP_{05} , сорт – 3,70-5,34 ц/га,

HCP_{05} , частных средних – 6,42-9,26 ц/га

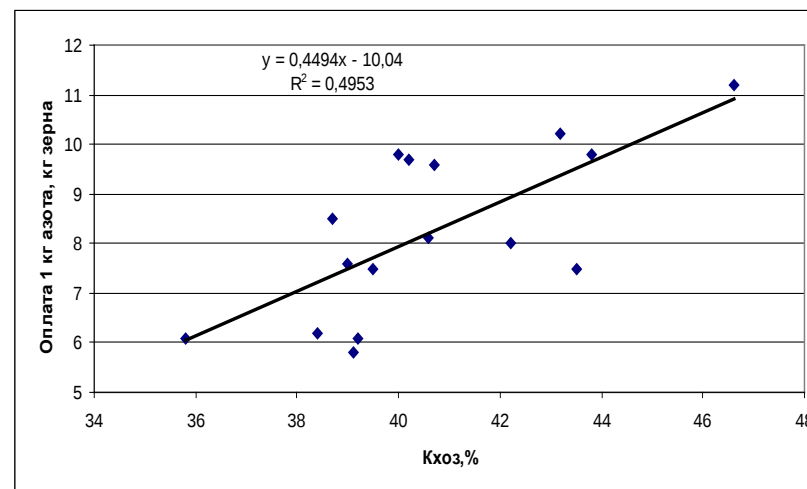
ний является коэффициент хозяйственной эффективности фотосинтеза ($K_{хоз}$), который носит универсальный характер и имеет высокую наследуемость. В публикациях [9] отмечается целесообразность увеличения $K_{хоз}$ с целью повышения урожайности новых сортов сельскохозяйственных культур. В наших исследованиях это получило подтверждение. Как видно из таблицы 2, более урожайные сорта и сортообразцы пшеницы характеризовались и более высокими значениями $K_{хоз}$. Доля зерна в надземной массе у них достигала 44-46%.

Лучшая сбалансированность донорно-акцепторных отношений у сортов и сортообразцов яровой пшеницы с высоким $K_{хоз}$ положительно влияла на отзывчивость к азотным удобрениям. От повышения величины $K_{хоз}$ на единицу оплата 1 кг азота при внесении 100 кг/га д.в. азота увеличивалась на 0,99 кг зерна, при внесении 160 кг/га азота – на 0,45 кг зерна (рисунок).

При среднем и высоком уровне азотного питания растений корреляционная связь оплаты азотного удобрения с $K_{хоз}$ была сильная положительная ($r = 0,70^{**}-0,72^{**}$), что позволяет использовать коэффициент хозяйственной эффективности фотосинтеза в качестве возможного селекционного критерия при создании сортов, отзывчивых на азотные удобрения.



При внесении 100 кг/га д.в. азота



При внесении 160 кг/га д.в. азота

Рисунок – Связь оплаты азота прибавкой урожайности зерна яровой пшеницы с коэффициентом хозяйственной эффективности фотосинтеза $K_{хоз}$ (среднее за 2013-2014 гг.)

Выводы

1. Новые районированные и перспективные сорта и сортообразцы яровой мягкой пшеницы селекции РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси

по земледелию» различаются по отзывчивости на азотное удобрение. Наиболее отзывчивы на применение азотного удобрения в дозе 100 кг/га д.в. сорта Сударыня, Восточка и сортообразцы 16/10 и 27/10, в дозе 160 кг/га д.в. – сорт Восточка и сортообразец 16/10.

2. Оплата единицы азота прибавкой урожайности зерна тесно сопряжена с величиной коэффициента хозяйственной эффективности фотосинтеза ($K_{\text{хоз}}$). При повышении величины $K_{\text{хоз}}$ на единицу оплата 1 кг азота при среднем уровне азотного питания растений увеличивается на 0,99 кг зерна, при высоком уровне азотного питания – на 0,45 кг зерна.

Литература

1. Климашевский, Э.Л. Генетический аспект минерального питания растений / Э.Л. Климашевский. – М.: ВО Агропромиздат, 1991. – 415 с.
2. Климашевский, Э.Л. Теория агрохимической эффективности растений / Э.Л. Климашевский // Агрохимия. – 1990. – №1. – С. 131-148.
3. Климашевский, Э.Л. Проблема генотипической специфики корневого питания растений / Э.Л. Климашевский // Сорт и удобрения: сб. статей / Сиб. ин-т физиологии и биохимии раст.; отв. ред. Э.Л. Климашевский. – Иркутск, 1974. – С. 11-53.
4. Гамзикова, О.И. Генотипические реакции яровой пшеницы на удобрения / О.И. Гамзикова, Г.П. Гамзиков, Д.А. Шамрай // Сорт и удобрения: сб. статей / Сиб. ин-т физиологии и биохимии раст.; отв. ред. Э.Л. Климашевский. – Иркутск, 1974. – С. 180-187.
5. Чернышева, Н.Ф. Отзывчивость сортов яровой пшеницы на удобрения и катионно-обменная емкость корней / Н.Ф. Чернышева // Сибирск. вестник с.-х. науки. – 1973. – №4. – С. 46-51.
6. Организационно-технологические нормативы возделывания сельскохозяйственных культур: сб. отраслевых регламентов / Ин-т аграр. экономики НАН Беларуси; рук. разработ. В.Г. Гусаков [и др.]. – Минск: Беларус. наука, 2005. – 460 с.
7. Ничипорович, А.А. О путях повышения продуктивности фотосинтеза растений в посевах / А.А. Ничипорович // Фотосинтез и вопросы продуктивности растений. – М.: Изд-во АН СССР, 1963. – С. 5-25.
8. Шатилов, И.С. Фотосинтетическая деятельность зерновых в интенсивном севообороте Центрального Нечерноземья / И.С. Шатилов, А.Г. Замаев, Г.В. Чаповская // Фотосинтез и продукционный процесс. – М.: Наука, 1988. – С. 176-187.
9. Кумаков, В.А. Физиологическое обоснование модели сорта яровой пшеницы / В.А. Кумаков. – М.: Агропромиздат, 1985. – 270 с.

RESPONSE OF SPRING SOFT WHEAT VARIETIES TO NITROGEN FERTILIZERS AND CORRELATION WITH THE COEFFICIENT OF PHOTOSYNTHESIS ECONOMIC EFFECTIVENESS

I.I. Berestov, E.L. Dolgova, R.V. Melnikov, E.V. Laputko, T.P. Shempel

The research results on the study of the response of new recognized and appreciable spring soft wheat varieties and variety samples developed in RUE "Research and Practical Centre of NAS of Belarus for Arable Farming" to nitrogen fertilizers used at rates 100 and 160 kg/ha of active substance are presented in the article. The varieties and variety samples of spring wheat the most responsive to the nitrogen fertilizers were distinguished. The nature and correlation ratio of the pay of nitrogen unit cost by grain yield increase with the coefficient of photosynthesis economic effectiveness are shown.

УДК 633.16«324»:631.559

УРОЖАЙНОСТЬ ОЗИМОГО ЯЧМЕНЯ И ДИНАМИКА ФОРМИРОВАНИЯ ЕЕ СТРУКТУРНЫХ КОМПОНЕНТОВ

Ф.И. Привалов, доктор с.-х. наук, В.В. Холодинский, кандидат с.-х. наук,
И.С. Акулич

Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию

(Поступила 16.03.2015 г.)

Аннотация. В статье рассмотрены особенности динамики формирования элементов структуры урожайности зерна озимого ячменя сорта Цинделла в условиях центральной части Республики Беларусь на дерново-подзолистой супесчаной хорошо окультуренной почве. Показано, что в годы с благоприятными условиями перезимовки и при соблюдении всех требований технологического регламента возделывания озимых зерновых культур озимый ячмень способен формировать урожайность зерна 55 ц/га и выше.

Введение. Республика Беларусь – страна с традиционно развитым сельским хозяйством. Важнейшим направлением развития агропромышленного комплекса республики на современном этапе является получение высоких и устойчивых урожаев зерна. Ведущая роль в решении этой задачи принадлежит отечественному агропромышленному комплексу, являющемуся одним из наиболее значимых для народного хозяйства [3, 5].

Основным фактором, определяющим реализацию потенциала культуры, является четкое соблюдение технологии возделывания. Интенсификация технологии возделывания (расширение спектра агротехнических приемов) обеспечивает повышение урожайности за счет изменения количественных характеристик формирующихся элементов структуры урожайности [7, 8].

Среди возделываемых в республике озимых зерновых культур озимый ячмень является самой скороспелой. В связи с этим он имеет ряд преимуществ: созревает на 10-14 дней раньше других зерновых культур, позволяя получить самую раннюю продукцию для животноводства, рациональнее использовать уборочную технику и снизить потери зерна, является оптимальным предшественником для рапса и промежуточных культур [2, 9, 13]. По данным Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь посевные площади под этой культурой в 2014 г. составляли 11,7 тыс. га, т.е. 0,5% от общей посевной площади зерновых культур при средней урожайности 36,7 ц/га.

Почвенно-климатические условия Республики Беларусь являются зоной рискованного выращивания озимого ячменя. Малоснежные зимы и сильные морозы в зимний период часто приводят практически к полной гибели его посевов, особенно в северо-восточных и центральных районах. Озимый ячмень менее зимостоек по сравнению с озимой пшеницей, и особенно с озимой рожью. Он не переносит малоснежных зим с продолжительными морозами 12-14