

УДК 633.162

## УСТОЙЧИВОСТЬ РАСТЕНИЙ ПИВОВАРЕННОГО ЯЧМЕНЯ К НЕБЛАГОПРИЯТНЫМ ПОГОДНЫМ ФАКТОРАМ

Мусаев Ф.А., Ушаков Р.Н., Захарова О.А.

ФГБОУ ВПО «Рязанский государственный агротехнологический университет  
имени П.А. Костычева», Рязань, e-mail: ol-zahar.ru@yandex.ru

При выращивании пивоваренного ячменя в южной части Нечерноземья Российской Федерации большое значение в вегетационный период имеют погодные условия. Участвовавшие засухи в последние годы не позволяют получить зерно соответствующего для производства солода качества. Почвенная засуха усиливается при совместном синергетическом проявлении климатического и антропогенного факторов. Пивоваренный ячмень резко реагирует на неблагоприятные погодные условия, действия которых можно снизить предпосевной обработкой семян регулятором роста Эпин-экстра при оптимизации минерального питания чернозема выщелоченного внесением  $N_{60}P_{65}K_{110}$ . Внедрение в ЗАО «Победа» Захаровского района Рязанской области данных мероприятий позволило увеличить на 62% урожайность ячменя пивоваренного сорта Аннабель по сравнению со средней урожайностью по Рязанской области и улучшить качество зерна для получения солода. Помимо основного продукта, используются для кормления животных и отходы пивоваренного производства – солодовые ростки и пивная дробина натуральной влажности и в высушенном состоянии.

**Ключевые слова:** засуха, пивоваренный ячмень, минеральное питание, урожайность, качество зерна для производства солода

## MALT BARLEY RESISTANCE TO UNFAVORABLE WEATHER FACTORS

Musaev F.A., Ushakov R.N., Zakharova O.A.

FSBEI HPE «Ryazan State Agrotechnological University Named after P.A. Kostychev»,  
Ryazan, e-mail: ol-zahar.ru@yandex.ru

Weather conditions are very important in crop season when growing malt barley in the southern part of the non-Black Earth area of the Russian Federation. Common in last years droughts do not make it possible to get grain having the quality necessary for malt production. Soil drought is getting up in a case of synergetic display of both climatic and man-induced factors. Malt barley is sore about unfavorable weather conditions the effect of which can be reduced with seeds pre-plant treatment with growth regulator Epin-extra while optimizing mineral nutrition of the black earth leached by  $N_{60}P_{65}K_{110}$ . Implementation of the above mentioned measures at JSC «Victory», Zaharovsky district, Ryazan oblast has made it possible to increase malt barley (cultivar Annabel) yield by 62% as compared with the average yield in Ryazan oblast and improve the malt grain quality. Besides the main product they use for animals' feeding beer production wastes, i.e. malt sprouts and spent grain both having natural moisture and being dried-up.

**Keywords:** drought, malt barley, mineral nutrition, yield, grain quality for malt production

При выращивании пивоваренного ячменя в южной части Нечерноземья Российской Федерации большое значение в вегетационный период имеют погодные условия [1]. Участвовавшие засухи в последние годы не позволяют получить зерно соответствующего для производства солода качества. Вопросам зависимости урожайности культурных растений от метеорологических условий посвящено достаточно много работ (Яхонтов, 1925; Алексеев, 1937; Гусев, 1974; Калитанов, 1999; Никитишен, 2002; Перегудов и др., 2001; Сафаров, 2003; Хайбуллин, 2004; Костюков и др., 2005; Минева, 2005; Пронько и др., 2004; Уваров и др., 2005; Фатыхов и др., 2005) и другие. Несмотря на достаточную изученность климатических факторов, последствия их изменения не до конца просчитаны и спрогнозированы [8]. Установлены в южной части Нечерноземной зоны в 6 случаях из 15 весенне-летние засухи, в то время как в более позднее

время их было меньше [3]. В целом же по России в XII в. было 6 засух, в XVI, XVIII, XIX вв. – соответственно 9, 32, 70, в XX в. количество увеличилось до 77. Почвенная засуха усиливается при совместном синергетическом проявлении климатического и антропогенного факторов. Наибольшую опасность для земледелия при выращивании пивоваренного ячменя, в частности производства зерна на солод, представляет весенняя засуха. Оптимизация минерального питания почвы и предпосевная обработка семян регуляторами роста может уменьшить негативный эффект погодных факторов [6].

### Материалы и методы исследований

Исследования проводились с целью увеличения урожайности ячменя пивоваренного сорта и улучшения качества зерна в соответствии с методикой Доспехова [2] на кафедре агрохимии, почвоведения и физиологии растений ФГБОУ ВПО «Рязанский государственный агротехнологический университет

им. П.А. Костычева» и в ЗАО «Победа» Захаровского района Рязанской области. Объект исследований – ячмень пивоваренного сорта Аннабель. В опыте использовался для предпосевной обработки семян регулятор роста Эпин-экстра. Почва хозяйства – чернозем выщелоченный. Отбор проб почвы осуществлялся методом конверта. Агрохимические анализы выполнялись в аналитической лаборатории ГНУ МФ ВНИИГиМ и на кафедре агрохимии, почвоведения и физиологии растений по общеизвестным методикам и с использованием балансового метода. Уборка урожая вручную с составлением пробного снопа.

### Результаты исследований и их обсуждение

В последнее десятилетие почвенные и атмосферные засухи в вегетационные периоды стали наблюдаться ежегодно. Нами была проведена статистическая обработка динамики основных погодных условий мая. На долю марта, апреля и мая приходится наименьшее количество осадков – 4–7% по сравнению с другими месяцами (рис. 1).

По данным Яхонтова [7], с 1899 по 1924 гг. в Рязанской губернии годовая сумма осадков составляла в среднем 439 мм, испарение – 376 мм. При этом наибольшее превышение испарения над осадками зарегистрировано в мае (30 мм), что еще раз подчеркивает относительную засушливость этого месяца. В условиях Рязанской области в мае осадков в среднем выпадает около 43 мм при значительной вариации (V) – 55,8%.

За 1942–1981 гг. число лет с осадками меньше, чем 43 мм, составило 21, за 1982–2002 гг. – 16. Расчет коэффициента соответствия  $\chi^2$  показал, что между указанными периодами в отношении осадков существуют достоверные различия:  $\chi^2 = 4,27$  при  $\alpha = 0,0389$ .

В среднем более чем за 60 лет наибольшая вероятность осадков (более 50%) падает на диапазон значений от 10 до 40 мм. При этом за последние 25 лет вероятность составила уже 76% (за период 1942–1981 гг. – 37%).

В пределах такой относительно ограниченной территории, как Рязанская область,

заметны существенные различия в характере частотного распределения осадков. В центральной части области (Рязанский район) – большой процент неэффективных осадков в количестве меньше 10 мм: за первые две декады их около 50%, чуть меньше в третью – 38%.

Не менее значимыми, чем майские осадки, являются и июньские, хотя тесная корреляционная зависимость отсутствует ( $R < 0,5$ ). При некоторых комбинациях влияния майских и июньских ГТК на урожайность яровых зерновых культур получены вероятностные уравнения (рис. 2). В отсутствие майских и июньских осадков вероятность получения 20 ц/га зерна (X) составляет 11% (уравнение (1)), улучшение водообеспеченности в мае повышает ее до 70% (уравнение (2)), если оно проявляется только в июне, вероятность снижается до 24% (уравнение (3)). Уравнение (4) не позволяет рассчитать вероятность урожайности в области средних значений, так как она низкая и неприемлемая. Поэтому произведем расчет для урожайности для более высоких значений урожайности. Он показывает, что при ГТК мая и июня около единицы получение урожайности зерна 30 ц/га возможно в 79% случаях.

Далее нами установлена зависимость урожайности яровых зерновых культур от ГТК мая в случаях, когда ГТК июня меньше и больше 0,7. Рассчитано, что при ГТК июня  $< 0,7$  урожайность становится наиболее зависимой от гидротермических условий мая, что видно по значению коэффициента регрессии, который составил 6,55, в то время как при ГТК июня  $> 0,7$  – 0,164 т/га (рис. 3). По уравнениям рассчитано, что при ГТК мая 0,5 ед. июня  $< 0,7$  ед. урожайность зерна, вероятно, не превысит 1,0 т/га; при ГТК июня  $> 0,7$  она может быть 1,7–1,9 т/га. Следовательно, июньские осадки играют важную роль в формировании урожая зерна яровых культур.

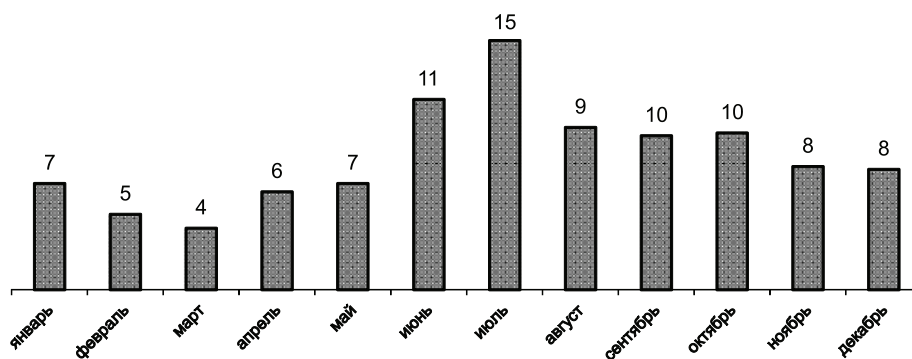


Рис. 1. Распределение осадков по месяцам

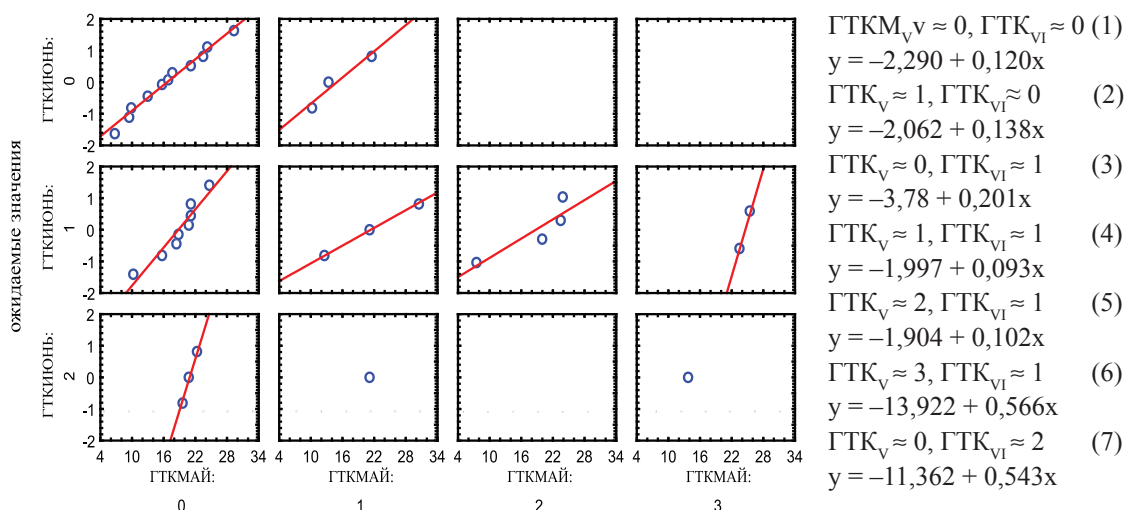


Рис. 2. Зависимость урожайности яровых зерновых культур от ГТК мая и июня (на примере Рязанского района)

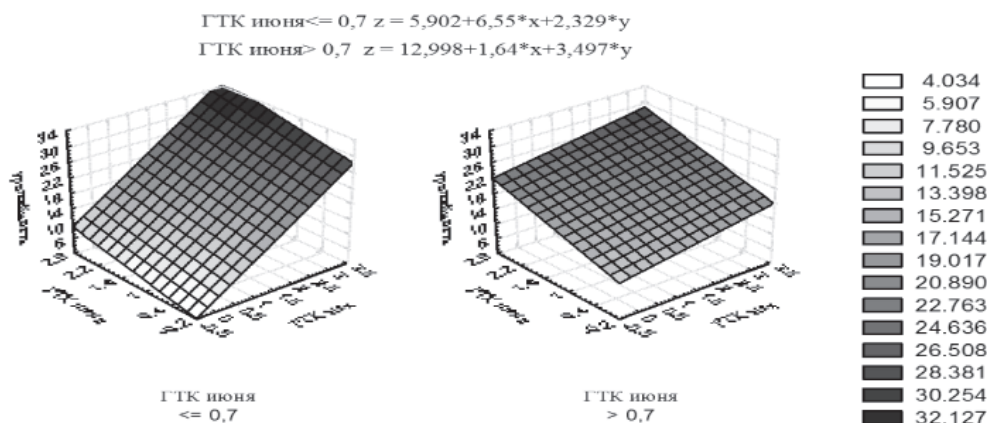


Рис. 3. Зависимость урожайности зерна яровых культур (ось Z) от ГТК мая (ось X) и июня (ось Y)

Уменьшение осадков, по-видимому, происходит на фоне повышения температуры воздуха. В среднем за год, по предварительным расчетам уравнения тренда, повышение ее в весенний период происходит на  $0,004^{\circ}\text{C}$ .

Изменение температуры воздуха, которое на глобальном уровне ожидается в увеличении на  $1^{\circ}\text{C}$ , вряд ли будет выступать в качестве лимитирующего фактора для развития культурных растений. Другое дело, что повышение ее может означать снижение влагозапасов в почве. Так, при потеплении на  $1^{\circ}\text{C}$  летние запасы воды уменьшатся в дерново-подзолистых почвах на 60 мм, по-видимому, останутся без изменения в серых лесных почвах и черноземах. Несмотря на такой оптимистический прогноз, тем не менее общее повышение температуры в вегетационный период сопряжено с усилением непродуктивного расходования воды из почвы через испарение.

Как известно, водный режим почвы, оцениваемый коэффициентом увлажнения, складывается из двух основных составляющих: приходом (осадки) и расходом (испарение). Получение максимально приближенного к потенциально возможному уровню продуктивности культурных растений определяется запасом воды в вегетационный период. Лимитирование осадков на фоне повышения температуры воздуха неминуемо приводит к уменьшению запасов воды в почве.

Для того чтобы оценить роль температуры и фактора времени (чем продолжительнее бездождливый период, тем выше расход воды из почвы) в формировании водного запаса, была рассчитана множественная регрессия с использованием материалов по изменению осадков, температуры воздуха и запасов воды в посевах ячменя (всего обработано 10 ситуаций с вегетационными периодами культуры, характеризующихся

значениями гидротермического коэффициента около 1).

В качестве примера рассмотрим 2012 г. Установлено, что запас воды в почве за период с ГТК около 1 в большей степени зависит от температуры воздуха и фактора времени, т.е. тренд запаса воды будет нисходящим. Вероятно, это связано со следующими обстоятельствами: в большинстве случаев осадки выпадают в недостаточном количестве для существенного восполнения потерь воды из почвы; повышение температуры воздуха: как следствие, снижение водяных паров в приземном слое оказывает иссушающее влияние на почву; серая лесная почва из-за неблагоприятных физических параметров слабо удерживает воду.

Регистрация осадков, продуктивного запаса воды в почве (слой 0–20 см), температуры воздуха велась подекадно (рис. 4).

Как можно видеть из рисунка, осадки выпадали неравномерно. Максимальный их объем (40–45 мм) пришелся на 2, 4 и 9 декады, при этом, начиная со 2 декады, запас продуктивной воды снижался, а осадки не прекращались, но их количество было недостаточным для восполнения запасов воды, так как наряду с этим повышалась

суточная температура воздуха. В 4 случаях увеличение осадков привело к повышению запаса (во 2, 6, 7 и 8 декады). В 9 декаде, несмотря на рост осадков, запас снизился, по видимому, по причине относительно высокой суточной температуры воздуха (10°C).

При всех значениях ГТК уменьшение запаса воды в почве связано с повышением температуры (необходимо учитывать и временной фактор). Например, при увеличении за счет осадков ГТК с 0,22 до 0,55 на фоне средней температуры воздуха 20°C запас продуктивной влаги практически не изменился, составив 17 мм (таблица).

На основе данных многолетнего полевого опыта [3] была установлена зависимость формирования весеннего влагозапаса от январской температуры (в уравнении  $X_1$ ), июльской ( $X_2$ ) и годового количества осадков ( $X_3$ ):

$$Y = 29,1 + 3,1X_1 - 6,0X_2 + 0,03X_3$$

(при R = 0,7).

Как видим, повышение средней температуры июля способно не только «перекрыть» годовую прибавку осадков, но и вызвать иссушение почвы.

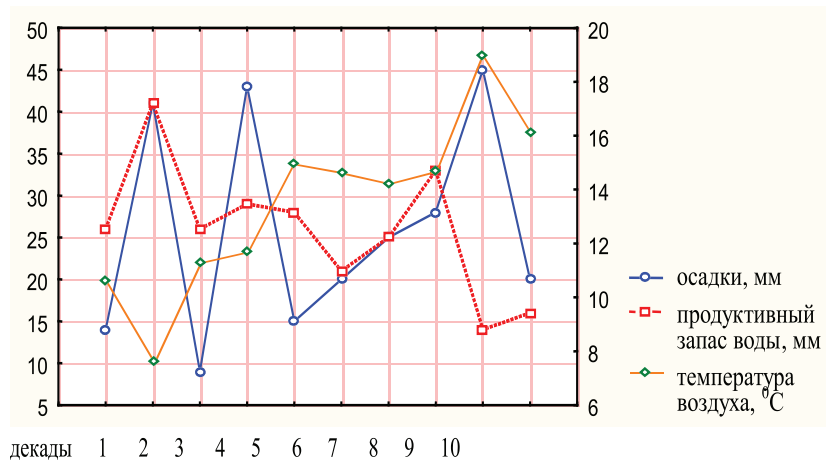


Рис. 4. Подекадная динамика температуры воздуха (правая ось), осадков и запасов воды в почве в слое 0–20 см (левая ось) в 1999 г. при вегетации ячменя в Рязанском районе в годы с ГТК около 1

Таблица 1

Расчетный запас продуктивной воды в серой лесной почве (Z) при различных значениях ГТК средней температуры воздуха (X) и осадков (Y)

Параметр	Гидротермический коэффициент											
	0,22				0,55				1,00			
	$X_1$	Y	$X_2$	Y	$X_1$	Y	$X_2$	Y	$X_1$	Y	$X_2$	Y
Z	15	10	20	13	15	25	20	33	15	45	20	60
	25		15		37		17		67		41	

Известно, что если ГТК 0,5–1,0, то вегетационный период характеризуется как засушливый; < 0,5 – острозасушливый; > 1,0 – нормальный и (или) оптимальный по водообеспеченности. В условиях Рязанской области среднее значение ГТК весеннего периода составляет 1,17, медиана – 0,94, при значительном стандартном отклонении – 0,81, то есть в целом южная часть Нечерноземной зоны неустойчива по увлажнению.

Анализ динамики ГТК показал, что усиление засушливости для южной части Нечерноземной зоны – актуальная проблема. За последние 20 лет количество засушливых лет составило 16, из них только острозасушливых – 5 (рис. 5), а среднее значение ГТК лежит в пределах 0,89.

Таким образом, вероятность усиления засушливости климата в Рязанской области, южной части Нечерноземной зоны России, в весеннее время высокая.

Полученные нами выводы в определенной степени отвечают и соответствуют общеклиматическим прогнозным сценариям имитационной модели климата GISS–1993 Годдардовского института космических исследований. Согласно ей, к 2050 г. ожидается снижение коэффициентов увлажнения, умеренная аридизация в широком спектре природных зон Русской равнины. Существование термоаридного тренда подтверждается результатами наблюдений выборочными метеостанциями Г.В. Менжулина и др. [5]. Используя усредненные данные урожайности яровых зерновых культур (рис. 6), нами был проведен анализ зависимости ее от ГТК.

В условиях Рязанской области, если начальный весенний период роста и развития яровых зерновых культур характеризуется засушливой погодой, можно прогнозировать невысокую урожайность зерна.

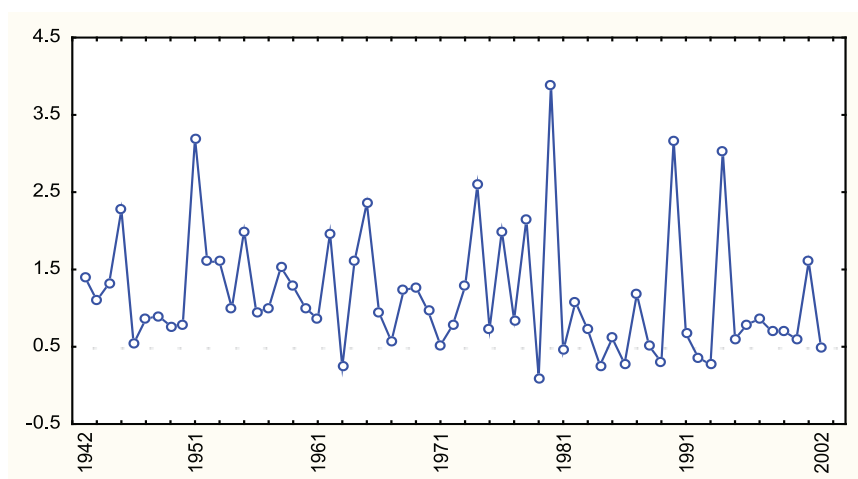


Рис. 5. Динамика ГТК в Рязанской области

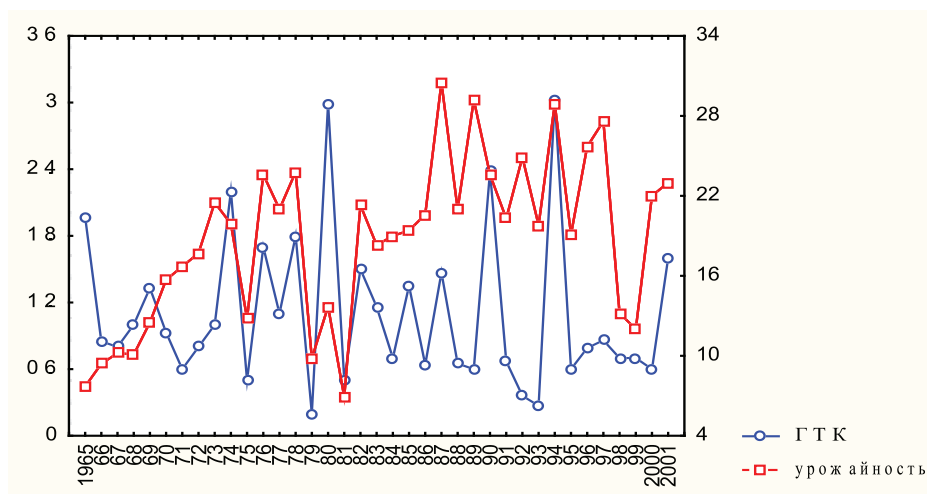


Рис. 6. Динамика урожайности яровых зерновых культур (ц/га) и ГТК

Как было отмечено ранее, наибольшую опасность для яровых зерновых культур представляет весенняя засуха, ухудшающая условия для стартового развития. Учитывая, что в две начальные декады апреля водообеспеченность за счет запасов воды от таяния снега достаточная, конечная урожайность культурных растений главным образом обусловлена количеством осадков в мае. Однако в корреляционно-регрессионном анализе зависимости урожайности зерновых культур от майских осадков тесная связь между ними отсутствует. Это связано с тем, что в производственных условиях действует значительное количество факторов (природные, агротехнические, организационные), которые ослабляют зависимость.

Таким образом, анализ собственных результатов исследований, данных других ученых свидетельствует о высокой вероятности общего для умеренных широт появления термоаридного тренда, сопровождаемого усилением в его частых проявлениях засушливости в весеннее время. Это выражается не только снижением эффективных осадков, но увеличением частоты встречаемости аридных засушливых периодов для южной части Нечерноземной зоны России. Вместе с климатическими, другие факторы, в частности некачественная обработка почвы, ускоряют и усиливают действие засухи.

Для успешного решения задач по созданию устойчивых агроэкосистем с получением приемлемых урожаев культурных растений требуются разнонаправленные комплексные подходы, в которых одну из ведущих позиций занимает улучшение плодородия почв. Плодородие почвы – фактор (необходимое условие) устойчивого функционирования населяющих ее живых организмов. Степень их активности в неблагоприятных условиях может свидетельствовать о протекторной роли почвы.

В хозяйстве традиционно вносится  $N_{90}P_{90}K_{90}$ , однако известно [1], что выращивание пивоваренного ячменя требует оптимальных погодных и почвенных условий. При неблагоприятной для пивоваренного ячменя погоде, то есть при дефиците осадков в период формирования и налива зерна, что часто наблюдается в конце июня, возрастает риск получения зерна с высоким содержанием белка (выше 12%). В этих случаях пивоваренный ячмень переходит в разряд фуражного и используется на корм скоту.

Расчетные нормы минеральных удобрений под пивоваренный ячмень составляли для азота – 62,9, фосфора – 64,5, калия – 112,9 кг/га, при этом они для производственных целей округлялись. На основе балансового метода было рекомендовано

в качестве основного способа внесения осенью под зяблевую вспашку фосфорных и калийных удобрений из расчета  $P_{55}K_{100}$  кг/га ДВ. Весной под культивацию внесение азотных удобрений из расчета  $N_{50}$  кг/га ДВ. При посеве семян в рядки для лучшего роста культуры в начальный период развития применение небольшой дозы комплексного удобрения в виде нитрофоски из расчета  $N_{10}P_{10}K_{10}$  кг/га ДВ.

Оптимизация минерального питания в ЗАО «Победа» при выращивании ячменя пивоваренного сорта Аннабель и обработка семян регулятором роста Эпин-экстра позволили увеличить урожайность на 62% (средняя урожайность в Рязанской области 35 ц/га), что свидетельствует о высокой агрономической эффективности используемых приемов в технологии выращивания данной культуры. Зерно ячменя сорта Аннабель, выращенного на варианте с обработкой семян регулятором роста и при внесении удобрений нормой  $N_{60}P_{65}K_{110}$ , было чистосортным, биологически вызревшим, имело желтый цвет и приятный ячменный запах. Зерно не имело пятен на зародыше, зерновка светло-желтая. Эндосперм полустекловидный. Влажность зерна 15%, что соответствовало состоянию средней сухости. Сорная примесь составила около 0,5%. Содержание зерновой примеси, к которой относят все битые и изъеденные вредителями зерна, составило 1,5%. То есть полученное зерно соответствовало состоянию средней чистоты по ГОСТу.

Помимо основного продукта, используются для кормления животных и отходы пивоваренного производства – солодовые ростки и пивная дробина натуральной влажности и в высушенном состоянии. Однако высокая стоимость энергоносителей делает невозможным высушивание пивной дробины до влажности 15–17% и реализацию последней как концентрированного корма. Поэтому одним из предложенных выходов из сложившейся ситуации может быть консервирование свежей пивной дробины или частично отжатой до влажности 70–60% или добавление к последней сырья с низкой влажностью. Важнейшим условием сохранения питательных веществ законсервированной пивной дробины является строгое соблюдение технологии ее закладки в хранилище в соответствующие сроки [6].

### Выводы

Анализ собственных результатов исследований и литературного обзора свидетельствует о высокой вероятности общего для умеренных широт появления термоаридного тренда, сопровождаемого усилением

в его частых проявлениях засушливости в весеннее время. Это выражается не только снижением эффективных осадков, но увеличением частоты встречаемости аридных засушливых периодов для южной части Нечерноземной зоны России. Вместе с климатическими, другие факторы, в частности невысокое плодородие, необоснованно низкое внесение минеральных удобрений и некачественная обработка почвы, ускоряют и усиливают действие засухи. Пивоваренный ячмень резко реагирует на неблагоприятные погодные условия, действия которых можно снизить предпосевной обработкой семян регулятором роста Эпин-экстра при оптимизации минерального питания чернозема, выщелоченного внесением  $N_{60}P_{65}K_{110}$ . Внедрение в ЗАО «Победа» Захаровского района Рязанской области данных мероприятий позволило увеличить на 62% урожайность ячменя пивоваренного сорта Аннабель и улучшить качество зерна для получения солода.

#### Список литературы

1. Головин В.В., Артемьева Е.А., Левакова О.В. Инновационная технология выращивания ярового ячменя на пивоваренные цели с использованием современных и перспективных сортов. – М.: РГУРЦСК, 2008. – С. 4–10.
2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М., 1985. – 220 с.
3. Ильина Л.В. Комплексное воспроизводство плодородия серых лесных почв и его эффективность. – Рязань: Узоречье, 1997. – 231 с.
4. Кривенок М. Пивная дробина в кормлении животных [Электронный ресурс]. – М. Кривенок. – Режим доступа: <http://agrosev.narod.ru/page149itemid2033number63.htm> <http://agrosev.narod.ru/page149itemid2033number63.htm>.
5. Менжулин Г.В. Мировая продовольственная проблема и современное глобальное потепление / Г.В. Менжулин, С.П. Саватеев // Изменения климата и их последствия. – СПб.: Наука, 2002. – С. 13–35.
6. Мусаев Ф.А., Захарова О.А. Морфофизиологическое развитие растений ячменя пивоваренных сортов при использовании регулятора роста и оптимизации минерального питания // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – № 11 (часть 2). – С. 226–232.
7. Яхонтов. Засуха // Наше хозяйство. – 1925. – № 1–2. – С. 16–26.
8. Climate change, 1995: The science of climatic change / Ed. J. T. Houghton. Cambridge Univ. press. – 1996. – 572 p.

#### References

1. Golovin V.V., Artemeva E.A., Levakova O.V. Innovacionnaja tehnologija vyrashhivaniya jarovogo jachmenja na pivovarennyje celi s ispolzovanijem sovremennyh i perspektivnyh sortov. M.: RGURCSK, 2008. pp. 4–10.
2. Dospheov B.A. Metodika polevogo opyta. M., 1985. 220 p.
3. Ilina L.V. Kompleksnoe vosproizvodstvo plodorodija seryh lesnyh pochv i ego jeffektivnost' / L.V. Ilina. Rjazan: Uzoreche, 1997. 231 p.
4. Krivenok M. Pivnaja drobina v kormlenii zhivotnyh [Jelektronnyj resurs] / M. Krivenok. Rezhim dostupa: <http://agrosev.narod.ru/page149itemid2033number63.htm> <http://agrosev.narod.ru/page149itemid2033number63.htm>.
5. Menzhulin G.V. Mirovaja prodovolstvennaja problema i sovremennoe global-noe poteplenie / G.V. Menzhulin, S.P. Savateev // Izmeneniya klimata i ih posled-stvija. S-Pb.: Nauka, 2002. pp. 13–35.
6. Musaeov F.A., Zaharova O.A. Morfofiziologicheskoe razvitie rastenij jachmenja pivovarennyh sortov pri ispolzovanii reguljatora rosta i optimizacii mineralnogo pitaniya // Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamentalnyh issledovanij, 2014. no. 11 (chast 2). pp. 226–232.
7. Jahontov. Zasuha / Jahontov // Nashe hozjajstvo. 1925. 1–2. pp. 16–26. 7. Climate change, 1995: The science of climatic change / Ed. J. T. Houghton. Cambridge Univ. press. 1996. 572 p.
8. Climate change, 1995: The science of climatic change / Ed. J.T. Houghton. Cambridge Univ. press. 1996. 572 p.

#### Рецензенты:

Савина О.В., д.с.-х.н., профессор кафедры товароведения и экспертизы, ФГБОУ ВПО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», г. Рязань;

Емельянова А.С., д.б.н., профессор кафедры технологии производства и переработки продукции животноводства, декан факультета довузовской подготовки и среднего профессионального образования, ФГБОУ ВПО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», г. Рязань.