

ОБОСНОВАНИЕ ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ УРОЖАЙНОСТИ ОЗИМОЙ РЖИ ПО ОБЕСПЕЧЕННОСТИ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН КЛИМАТИЧЕСКИМИ РЕСУРСАМИ

Пономарев С.Н.

ГНУ «ТатНИИСХ Россельхозакадемии», Казань, Россия (420059, г. Казань, Оренбургский тракт, 48), e-mail: smponomarev@yandex.ru

Цель исследований - обосновать формирование потенциала урожайности озимой ржи в зависимости от обеспеченности агроклиматическими ресурсами в Республике Татарстан. На основании анализа 30-летних селекционных исследований проведена оценка возможностей озимой ржи использовать естественные ресурсы температуры, влаги и световой энергии для обеспечения максимального урожая. Диапазон изменения урожайности в регионе по агроклиматическим ресурсам колеблется от 4,7 до 12,6 т/га. Биоклиматический потенциал Республики Татарстан (при КПД ФАР 2%) способен обеспечивать урожайность зерна 6,9 т/га. Повышение коэффициента использования ФАР посевами на 1% способствует увеличению урожайности зерна на 3,5 т/га. Максимальная урожайность озимой ржи составила 8,55 т/га, коэффициент полезного использования ФАР 2,47%. Впервые для почвенно-климатических условий Республики Татарстан выявлено, что потенциал озимой ржи, обеспеченный агроклиматическими ресурсами, используется в среднем только на 50%, а в благоприятные годы достигает 68%.

Ключевые слова: озимая рожь, фотосинтетически активная радиация (ФАР), биоклиматический потенциал, климатические ресурсы.

RATIONALE FOR POTENTIAL YIELD OF WINTER RYE ON PROVISION OF CLIMATE RESOURCES TATARSTAN REPUBLIC

Ponomarev S.N.

Tatar research institute of agriculture of RAAS, Kazan, Russia (420059, Kazan, Orenburgsky trakt, 48), e-mail: smponomarev@yandex.ru

Purpose of research - to justify the formation of yield potential of winter rye, depending on the availability of agro-climatic resources of the Republic of Tatarstan. Based on the analysis of 30-year breeding studies have evaluated the possibilities of winter rye to use resources in a natural temperature, moisture, and light energy for maximum yield. Max range of the yield in the region on the agro-climatic resources ranges from 4.7 to 12.6 t / ha. Bioclimatic potential of the Republic of Tatarstan (at an efficiency of 2% PAR) is capable of providing in yields of grain 6.9 t / ha. Increased utilization of PAR crops by 1% increases grain yield of 3.5 t / ha. The maximum yield of winter rye was 8.55 t / ha, the efficiency of the use of FAR 2.47%. First to soil and climatic conditions of the Republic of Tatarstan revealed that the potential of winter rye, secured agro-climatic resource-mi, used an average of only 50%, and in favorable years reaches 68%.

Keywords: winter rye, photosynthetically active radiation (PAR), bioclimatic potential, climatic resources

Введение

Природные факторы, неодинаково складывающиеся на отдельных этапах органообразовательного процесса, по-разному определяют вклад элементов продуктивности в формирование урожая по годам [7]. При разработке программ селекции необходимо знать уровень урожая, определяющегося биоклиматическими факторами той экологической ниши, для которой создаются сорта. При этом наибольшее значение имеют влаго- и энергетическая обеспеченность территории, потребность в них той или иной культуры.

Несмотря на некоторое совершенствование технологий возделывания сельскохозяйственных культур, влияние климатических факторов на величину и качество урожая остаётся значительным во многих природно-климатических зонах РФ, в том числе и в Республике Татарстан (РТ). Климатические ресурсы во многом определяют особенности агротехники (сро-

ки посева, нормы высева, глубина заделки семян, особенности применения удобрений и фунгицидов, микроэлементов, регуляторов роста растений и другие).

Изучение природных ресурсов той или иной территории, анализ их влияния на рост и развитие сельскохозяйственных растений необходимо как для разработки агротехнических приемов возделывания новых сортов, так и для поиска путей повышения эффективности использования гидротермических и энергетических факторов климата. Связь климатических условий территории с потребностями сельскохозяйственных культур учитывается при разработке мероприятий, направленных на более полное и эффективное использование биоклиматических ресурсов при формировании урожая. После оценки и учёта имеющихся естественных ресурсов необходимо определить, какие селекционные подходы позволяют повысить их эффективное использование.

Цель исследования – обосновать формирование потенциала урожайности озимой ржи в зависимости от обеспеченности агроклиматическими ресурсами на территории Республики Татарстан.

Материал и методы исследования

Потенциальную урожайность сухой биомассы по приходу ФАР определяли по формуле:

$$ПУ_{\phi} = \frac{Q_{\phi} \times 10^6 \times K_{\phi}}{100 \times q \times 10^3},$$

где:

$ПУ_{\phi}$ – потенциальная урожайность сухой биомассы, т/га; Q_{ϕ} – приход ФАР за период вегетации культуры, млн МДж/га; K_{ϕ} – коэффициент использования ФАР посевами, %; q – теплотворная способность единицы урожая биомассы, МДж/кг.

Возможный урожай озимой ржи по влагообеспеченности посевов вычисляли по формуле:

$$Y_{\phi} = \frac{100 \cdot W}{K_{\phi}} K_m,$$

где W – количество продуктивной для растений влаги за период вегетации, мм; K_{ϕ} – коэффициент водопотребления, мм·га/ц; K_m – доля основной продукции (зерно).

Потенциальная продуктивность, обусловленная за счет сочетания режима влагообеспеченности и температуры для озимой ржи в РТ рассчитана с использованием формулы, предложенной А.М. Рябчиковым (1968): $ПУ = БГТП \times Уб$, где БГТП – биогидротермический потенциал продуктивности (баллы); $Уб$ – цена балла сухой биомассы (в нашем случае 2 т).

Сам показатель БГТП определялся следующим образом: $БГТП = W \times Tv / 36 \times R$, где W – продуктивная влага в почве (среднегодовое количество осадков за вычетом стока), мм/га; Tv – период вегетации озимой ржи в декадах; R – радиационный баланс за вегетационный период, ккал/см²; 36 – число декад в году.

Потенциальный урожай с учетом БКП определяли по формуле, предложенной М.К.

Каюмовым (1989):

$$\text{БКП} = K_p \cdot \frac{\sum t > 5^{\circ} \text{C}}{1000^{\circ} \text{C}},$$

где *БКП* – биоклиматический потенциал продуктивности, балл; K_p – коэффициент биологической продуктивности, представляющий собой отношение максимальной продуктивности в условиях достаточного увлажнения к продуктивности при недостатке влаги; $\sum t > 5^{\circ} \text{C}$ – сумма температур, которая накапливается за период вегетации озимой ржи, $^{\circ}\text{C}$; 1000°C – сумма температур, накапливаемая на границе открытого или возможного массового полевого земледелия, $^{\circ}\text{C}$.

Результаты исследования и их обсуждение

Под термином «потенциальная урожайность» (ПУ) – подразумевается ее величина, которая может быть получена в идеальных почвенно-климатических условиях и зависит только от прихода фотосинтетической активной радиации (ФАР) и биологических особенностей культуры и сорта. Действительно возможный урожай (ДВУ) – это максимальный урожай, который реально получить в сложившихся метеорологических условиях региона при наличии материально-технических ресурсов.

Территория республики располагает значительными радиационными (суммарная солнечная радиация 36 млн МДж/га в год) и тепловыми ресурсами (сумма эффективных температур свыше 5°C – 1500°C). Согласно литературным источникам, доля фотосинтетически активной радиации (ФАР) в суммарной солнечной радиации составляет 50% [2]. Приход ФАР и тепло не являются лимитирующими факторами для роста и развития растений ржи в зоне исследования. В связи с этим радиационные ресурсы можно рассматривать как важный, но недостаточно используемый резерв повышения урожайности культуры.

Коэффициент использования ФАР посевами сельскохозяйственных культур в Республике Татарстан не превышает 2%. Остальная часть солнечной энергии, попадающая на растение, распределяется следующим образом: на отражение – 10%, пропускание – 10%, переход в теплоту – 35%, использование на транспирацию – до 43% [1].

Вегетационный период озимой ржи, в который происходит аккумуляция солнечной энергии и активное накопление биомассы, охватывает промежуток года с момента появления всходов до уборки, за исключением периода, когда среднесуточная температура воздуха оказывается ниже $+5^{\circ} \text{C}$. На основании этого при посеве ржи 25 августа и уборке 1 августа приход ФАР составляет в среднем 13,0 млн МДж/га. Калорийность 1 кг биомассы ржи – 4000 ккал, или 16150 МДж, что означает теплотворную способность 1 кг сухого вещества [3].

На основании проведенных расчетов сумма приходящей фотосинтетически активной солнечной радиации в Предкамской зоне Республики Татарстан (при КПД ФАР = 2%) может

обеспечить потенциальную урожайность сухой биомассы 16,1 т/га, а урожайность зерна – 6,9 т/га (рис. 1).

В наших экспериментах в наиболее благоприятный 2009 год была достигнута максимальная урожайность зерна озимой ржи, равная 8,55 т/га, следовательно, урожайность абсолютно сухого вещества биомассы составила 19,8 т/га, а коэффициент полезного использования ФАР равнялся 2,47%.

Создание энергетически эффективных сортов растений, пригодных для конструирования агроценозов с высокой производительностью и длительной активностью фотосинтетической поверхности, обладающих оптимальным индексом урожая, расположением листьев, обеспечивающим максимальную листовую поверхность, принято называть биоэнергетическим направлением селекции. Повысить эффективность использования солнечной энергии в ходе фотосинтеза можно, сформировав определенный морфотип растения, учитывая при этом не только площадь листьев, но и роль нелистовых органов.

Потенциальная урожайность зерна озимой ржи рассматривается нами как теоретический предел, реализуемый в оптимальных условиях и обусловленный, как было указано ранее, только приходом и поглощением ФАР и биологическими особенностями культуры.

Таким образом, урожайность зерна, рассчитанная по балансу ФАР (коэффициент использования 2%), составляет 6,9 т/га. Максимальная фактическая урожайность зерна ржи была получена в благоприятном по условиям зимовки и влагообеспеченности 2009 г. (8,55 т/га), когда КПД_{ФАР} равнялась 2,47%. Есть вероятность, что селекция сортов с повышенной энергетической эффективностью позволит повысить коэффициент использования ФАР до 3%, тогда урожайность зерна озимой ржи может достигнуть 10,4 т/га.

Уровень данного показателя определяется сортовыми особенностями, количеством использованных удобрений, нормами посева, условиями среды и прочими факторами. Исследования, проведенные в условиях Мордовской сортоиспытательной станции, показали, что КПД_{ФАР}, рассчитанный для сорта озимой ржи Эстафета Татарстана, за период 2007-2009 гг. равнялся 1,87 [4]. Но полученные в этих экспериментах результаты трудно сравнимы, так как определялись они по разным методикам, в различных условиях.

Наряду с радиационными факторами при оценке агроклиматических ресурсов, важное значение имеет учёт влагообеспеченности вегетационного периода в целом и по фазам развития растений. В условиях достаточной влагообеспеченности растения максимально используют солнечное тепло и накапливают наибольшее количество биомассы. При недостатке влаги использование тепла ограничивается тем больше, чем меньше влагообеспеченность, что приводит к снижению продуктивности. В регионах, характеризующихся циклически по-

вторяющимися засухами, особое значение имеет оценка культур и сортов по их способности экономно расходовать ресурсы влаги.

В зоне исследований за период весенне-летней вегетации ржи в среднем выпадало 200 мм осадков, при этом количество эффективно используемых культурными растениями составляет не более 70% от выпавшего количества (140 мм). Запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы весной после возобновления вегетации озимых культур в среднем составляли 160 мм. Таким образом, на посевах озимой ржи за вегетационный период в среднем накапливается 300 мм продуктивной влаги (W). Коэффициент водопотребления озимой ржи $K_B = 300 \text{ ц} / 1 \text{ ц с.в.}$. Этим параметрам соответствует возможный урожай сухой биомассы:

$$Y_B = \frac{100 \cdot 300}{300} = 10,0 \text{ т/га.}$$

Таким образом, при возделывании сорта с соотношением зерна и соломы 1:1,7 возможный урожай зерна по фактору влагообеспеченности посевов составит 3,7 т/га.

Расчеты показали, что при минимальных запасах продуктивной влаги в почве и количестве выпавших осадков урожайность сухой биомассы составит 6,8 т/га, а основной продукции (зерна при стандартной влажности) – 2,9 т/га. При максимально возможных влагоресурсах, используемых посевами ржи, урожайность сухой биомассы достигает 13,0 т/га, а зерна – 5,6 т/га. Недобор указанного уровня может быть связан с тем, что эффективные осадки не выпадали в наиболее критические периоды вегетации, хотя в целом режим влагообеспеченности может быть вполне достаточным и соответствовать биологическим потребностям культуры.

Зависимость продуктивности сельскохозяйственных культур от температурных условий неоспорима [8]. В связи с этим при оценке тепловых ресурсов используются такие показатели, как биологическая потребность растений в тепле, сумма активных температур вегетационного периода и другие. Термические ресурсы вегетационного периода озимых культур оцениваются по сумме активных температур воздуха более 5 °С. Поэтому помимо оценки значимости отдельных показателей (ФАР, влагообеспеченность) на величину прогнозируемой урожайности нами были использованы комплексные параметры – гидротермический и биоклиматический потенциал (ГТП и БКП).

Для каждой территории ресурсы тепло- и влагообеспеченности уникальны. Расчет действительно возможной урожайности сухой биомассы по гидротермическому показателю продуктивности (ГТП) показал, что при радиационном балансе за вегетацию 130 кДж/см² и запасах продуктивной влаги 370 мм на га урожай биомассы составляет 11 т/га, а урожай зерна при стандартной влажности 4,7 т/га.

Расчет возможного урожая по биогидротермическому потенциалу (БГТП) продуктивности, вычисляемый по вышеприведенным формулам, показал, что БГТП = 5,64 балла, тогда при условии, что 1 балл = 2 т сухой биомассы, возможный урожай биомассы достигает 11,3 т/га, а зерна – 4,9 т/га.

В основе анализа потенциала ресурсов, как правило, лежит соотношение тепла и влаги, для чего в большинстве исследований сельскохозяйственного направления используется гидротермический коэффициент (ГТК по Селянинову). Но при исследовании метеоресурсов озимых культур этот параметр использовать не совсем корректно, поскольку он характеризует увлажнение только теплого периода вегетации и не включает зимние осадки. В то же время запасы весенней влаги в почве во многом влияют на влагообеспеченность весенне-летней вегетации озимой ржи. Поэтому для количественной оценки агроклиматических ресурсов зоны исследований весьма интересной представляется оценка биологической продуктивности климата по биоклиматическому потенциалу (БКП). Его можно выражать в абсолютных (урожайность в т/га) или относительных (баллах) величинах. БКП является важнейшим показателем климата, с помощью которого рассчитывают продуктивность культуры в регионе ее возделывания. Более того, начиная с 2013 г. он положен в основу алгоритма для расчёта субсидий, предоставляемых МСХ РФ [9]. Следовательно, данные, полученные в ходе работы, имеют не только научную, но и практическую направленность.

Максимально точное определение величины биоклиматического потенциала для зоны исследований дает возможность повысить устойчивость производства озимой ржи, с наименьшими затратами обеспечить рост ее урожайности и улучшить качество зерна. В этом показателе учитывается совместное влияние тепла и влагообеспеченности на продуктивность растений. Для вычисления БКП используются методики нескольких авторов [5; 6; 10], каждая из которых несет свое логическое значение. В работе Д.И. Шашко (1985) под БКП понимается общая оценка ресурсов тепла и влаги безотносительно к запросам отдельных культур и их сортов на конкретной территории. Поэтому нами она не рассматривается. Известный агроклиматолог П.И. Колосков (1971), первым применивший понятие «биоклиматический потенциал», считал его комплексной оценкой потенциальной продуктивности земли с учетом влияния трех важных климатических составляющих, таких как температура, увлажненность и инсоляция.

Трудность составляет переход от баллов БКП к урожайности культуры, то есть вводится некий коэффициент (β), который соответствует определенному уровню использования ФАР. На его основе можно определить действительно возможный урожай озимой ржи по М.К. Каюмову (1991) согласно алгоритму: $U_{дву} = \beta \cdot \text{БКП}$.

Коэффициент β автор предлагает вычислять по теоретически рассчитанным урожаям или по результатам экспериментальных исследований, как максимальный урожай зерна, полученный в регионе. В Республике Татарстан за весь период вегетации озимой ржи накапливается сумма эффективных температур, равная 2100 °С, при этом коэффициент увлажнения (для года со средней влагообеспеченностью) составляет $K_p = 0,7$. В этом случае БКП составит:

$$\text{БКП} = 0,7 \cdot \frac{2100}{1000} = 1,47$$

За весь период экспериментальных исследований (Конкурсное сортоиспытание, 1981-2013 гг.) максимальная урожайность ржи достигла $\beta = 8,55$ т/га. Это позволило определить действительно возможный урожай ржи при благоприятном сочетании всех агроклиматических ресурсов, равный 12,6 т/га. На рисунке 1 приведены реальная и потенциальная продуктивность изучаемой культуры, исходя из прихода и соотношения климатических факторов. Сравнение фактической урожайности с теоретически рассчитанной свидетельствует о значительных неиспользуемых резервах и важности генетических особенностей сорта в реализации агресурсного потенциала природных факторов среды.

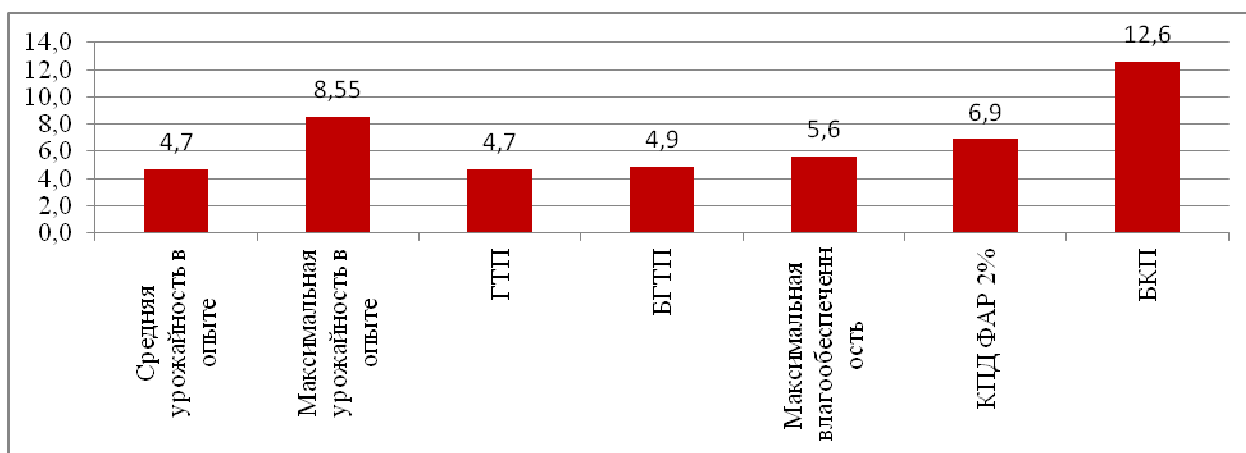


Рисунок 1 – Потенциальная и фактическая урожайность зерна озимой ржи в условиях Республики Татарстан, т/га

Заключение. Проведена оценка возможностей озимой ржи использовать естественные ресурсы температуры, влаги и световой энергии для обеспечения максимального урожая. Диапазон изменения урожайности в регионе по агроклиматическим ресурсам колеблется от 4,7 до 12,6 т/га. Биоклиматический потенциал Республики Татарстан способен обеспечивать достаточно высокую урожайность зерна озимой ржи. Оценочные расчеты показали, что в условиях республики за счет сложившегося биоклиматического потенциала озимая рожь способна формировать высокую урожайность зерна – потенциальный уровень урожайности при КПД ФАР 2% может достигать 6,9 т зерна с 1 га. Повышение коэффициента использования ФАР посевами на 1% способствует увеличению урожайности зерна на 3,5 т/га.

Проведенный анализ доказал, что потенциал культуры, обеспеченный агроклиматическими ресурсами, используется в среднем только на 50%, а в благоприятные годы достигает 68%. Сопоставление природных факторов с фактической урожайностью демонстрирует возможность дальнейшего совершенствования растений озимой ржи для увеличения использования возможностей климата. Дальнейший рост урожайности озимой ржи будет зависеть от генетического потенциала продуктивности новых сортов, которые при оптимальном сочетании факторов агротехники, почвы и климата будут способны аккумулировать большее количество ФАР в биомассе.

Список литературы

1. Абрамов Н.В. Биопотенциал агроэкосистем в условиях Северного Зауралья // Аграрный вестник Урала. – 2009. – № 10 (64). – С. 8-10.
2. Грингоф И.Г. Основы сельскохозяйственной метеорологии / И.Г. Грингоф, А.Д. Клещенко // Обнинск : ФГБУ «ВНИГМИ-МЦД», 2011. – Т. 1. Потребность сельскохозяйственных культур в агрометеорологических условиях и опасные для сельскохозяйственного производства погодные условия. - 808 с.
3. Зиганшин А.А. Факторы запрограммированных урожаев / А.А. Зиганшин, Л.Р. Шарифуллин. – Казань : Таткнигоиздат, 1974. – 176 с.
4. Каргин И.Ф. Сравнительная оценка эффективности использования ресурсов влаги и фотосинтетически активной радиации озимыми культурами / И.Ф. Каргин, В.Е. Камалихин, В.С. Калентьев и др. // Нива Поволжья. – 2012. – № 2 (23). – С. 31-35.
5. Каюмов М.К. Биоклиматический потенциал продуктивности и приемы рационального его использования. – М. : ВСХИЗО, 1991. – 64 с.
6. Колосков П.И. Климатический фактор сельского хозяйства и агроклиматическое районирование. – Гидрометеорологическое изд-во, 1971. – 326 с.
7. Кумаков В.А. Физиологические обоснования моделей сортов пшеницы. – М. : Агропромиздат, 1985. – 268 с.
8. Крючков А.Г. Погодные факторы и урожайность в степи Оренбургского Зауралья // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2008. – № 1. – С. 36-45.
9. Ушачев И.Г. Экономический механизм реализации новой Госпрограммы развития агропромышленного комплекса России: основные новации и риски, их предупреждение // АПК: регионы России. – 2012. – № 10. – С. 9-12.
10. Шашко Д.И. Учитывать биоклиматический потенциал // Земледелие. – 1985. – С. 19-26.

Рецензенты:

Замалиева Ф.Ф., д.с.-х.н., руководитель центра биотехнологии картофеля ГНУ «ТатНИИСХ Россельхозакадемии», г. Казань.

Осипов Г.Е., д.с.-х.н., заведующий лабораторией селекции плодовых культур ГНУ «ТатНИИСХ Россельхозакадемии», г. Казань.