

Научная статья
УДК 633.11
DOI 10.24888/2541-7835-2023-28-114-120

ПОТЕНЦИАЛ ПРОДУКТИВНОСТИ ПРОСА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ МИНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ

Шаповалов Виктор Федорович¹, Смольский Евгений Владимирович²

^{1,2}Брянский государственный аграрный университет, Брянск, Россия

¹kafeap@bgsha.com

²sev_84@mail.ru

Аннотация. В условиях запада Брянской области на дерново-подзолистых почвах легкого гранулометрического состава провели оценку адаптивных свойств проса в зависимости от применения минерального удобрения по экологическим параметрам по критерию «урожайность». Объектом исследования были просо сорта Квартет и системы удобрения с различным уровнем применения средств химизации. Просо характеризуется широкой адаптацией к экологическим факторам окружающей среды, однако действие удобрения на изменение адаптации культуры недостаточно изучено. Изменения урожайности зерна проса анализировали в период с 2019 по 2021 год, которые различались по погодным условиям. В результате проведенного исследования установили, что применение минерального удобрения и препарата Альбит повышает адаптацию культуры к условиям среды, при этом соотношение в нем элементов питания играет определенную роль. Условия среды запада Брянской области в период исследований создают незначительную изменчивость урожайности проса. Наибольшая стрессоустойчивость, минимальное значение размаха урожайности в контрастных условиях выявлена на варианте без применения удобрения, а наибольшую стабильность урожая в условиях эксперимента наблюдали при применении минерального удобрения в норме N60P60K60. Использование минерального удобрения усиливает стабильность и снижает отзывчивость культур на изменения среды.

Ключевые слова: просо, адаптивность, стабильность, пластичность, стрессоустойчивость, удобрения, биопрепарат.

Для цитирования: Шаповалов В.Ф., Смольский Е.В. Потенциал продуктивности проса в зависимости от минерального удобрения в условиях дерново-подзолистых почв // Агропромышленные технологии Центральной России. 2023. № 2(28). С. 114-120. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2023-28-114-120>.

Original article

MILLET PRODUCTIVITY POTENTIAL DEPENDING ON MINERAL FERTILIZER IN SOD-PODZOLIC SOILS

Viktor F. Shapovalov¹, Evgeny V. Smolsky²

^{1,2}Bryansk State Agrarian University, Bryansk, Russia

¹kafeap@bgsha.com

²sev_84@mail.ru

Abstract. In the conditions of the west of the Bryansk region, on sod-podzolic soils of light grain size distribution, the adaptive properties of millet were assessed depending on the use of mineral fertilizer according to environmental parameters according to the criterion "yield." The object of the study was Quartet millet and fertilizer systems with a different level of use of chemicals. Millet is characterized by a wide adaptation to environmental factors, but the effect of fertilizer on changing the adaptation of the culture is not well understood. Changes in millet grain yields were analyzed between 2019 and 2021, which differed in weather conditions. As a result of the study, it was found that the use of mineral fertilizer and Albit increases the adaptation of the culture to environmental conditions, while the ratio of nutrients in it plays a

role. The environment of the west of the Bryansk region during the research period creates insignificant variability in millet yield. The greatest stress resistance, the minimum value of the yield range under contrast conditions was revealed on the option without the use of fertilizer, and the greatest crop stability under experimental conditions was observed when using mineral fertilizer in normal N60P60K60. The use of mineral fertilizer enhances stability and reduces the responsiveness of crops to environmental changes.

Keywords: millet, adaptability, stability, plasticity, stress resistance, fertilizers, biologics

For citation: Shapovalov V.F., Smolsky E.V. millet productivity potential depending on mineral fertilizer in sod-podzolic soils. *Agro-industrial technologies of Central Russia*. 2023. No. 2(28). Pp. 114-120. <https://doi.org/10.24888/2541-7835-2023-28-114-120>.

Введение

Важнейшей и основополагающей задачей, стоящей перед сельхозпроизводителями, является продовольственная безопасность страны. В центральном Нечерноземье решение данной задачи должно обеспечиваться в основном за счет интенсификации растениеводства с учетом применения адаптированных, научно-обоснованных элементов технологии возделывания сельскохозяйственных культур с внедрением современных высокопродуктивных культур с учетом ресурсосбережения и экологизации производства [3, 9, 10].

В структуре мирового производства зерна просо – как важнейшая зерно-крупяная и кормовая культура, занимает более 4,6 % [8]. В России средняя урожайность зерна проса составляет 0,7-1,15 т/га, биологический потенциал проса при такой урожайности используется только на 50 % [12].

Реально увеличить объемы производства зерна проса на основе повышения урожайности при применении современных средств химизации, включающих биологически активные препараты, регулирующие и стимулирующие протекание ростовых и синтетических процессов в растениях и повышающих адаптивность растений в стрессовых ситуациях. При этом знание потенциала адаптивности культуры в условиях региона возделывания необходимо для правильного подбора соотношения элементов питания в систему удобрения [15].

Почвы легкого гранулометрического состава в западной части Брянской области являются основным фондом пашни [14].

Рядом авторов были рассчитаны экологическая пластичность и стабильность для большинства зерновых культур, результатом расчета стало получение данных о потенциале продуктивности культур, что свидетельствуют о возможности применения методик для экологического обоснования использования минерального удобрения в технологии возделывания сельскохозяйственных культур [2, 6].

Цель исследования – оценить действия удобрения на адаптивные свойства проса, используя критерий «урожайность» в условиях дерново-подзолистых песчаных почв запада Брянской области.

Материалы и методы исследований

Экспериментальный опыт проведен в период с 2019 по 2021 год в условиях Новозыбковского района (запад Брянской области) на опытном поле Брянского ГАУ, расчеты адаптивных показателей и их анализ сделаны на кафедре агрохимии, почвоведения и экологии.

Почвенный покров опытного поля представлен песчаной дерново-подзолистой почвой с агрохимическими свойствами: $C_{орг.}$ – 1,7-1,9 % (по Тюрину), P_2O_5 – 366-385 и K_2O – 68-84 мг/кг почвы (по Кирсанову), обменная кислотность – 6,1-6,4 ед. Плотность радиоактивного загрязнения ^{137}Cs территории 282-320 кБк/м². Расположение делянок систематическое, повторность – трёхкратная.

Система земледелия и защиты растения проса были общеприняты для зоны исследований.

Объектом исследования были просо сорта Квартет и система удобрения. Использовали аммиачную селитру, суперфосфат двойной гранулированный и калий хлористый посредством внесения вручную под предпосевную обработку почвы. Схема исследования охватывала

следующие варианты применения минерального удобрения (табл. 1). Посев проводили в первой декаде мая, норма высева 2,5 млн/га всхожих семян.

Биопрепарат Альбит применяли в фазу выхода в трубку проса нормой 50 мл/га.

В фазу полной спелости проводили уборку проса, поделаячно, методом сплошного комбайнирования. Урожайность зерна приводили к 100 % чистоте и стандартной влажности.

В результате аварии на ЧАЭС территория запада Брянской области была загрязнена искусственными радионуклидами [11], поэтому изучали удобрение проса, в котором доля калийного удобрения по отношению к азотному была увеличена, так как в современной литературе установлена ведущая роль калия в снижении удельной активности ^{137}Cs в продукции растениеводства [1, 16].

Адаптивные показатели: индекс условий среды и экологическую стабильность (Sd^2), и пластичность (bi) рассчитывали по Эберхарту и Расселлу [5], стрессоустойчивость по А.А. Гончаренко [4], размах урожайности (d) – по В.А. Зыкину [7], коэффициент вариации (V) [13].

Климат запада Брянской области умеренно теплый и влажный. Средняя многолетняя температура воздуха января равна – 8,1 °С, а июля равна 18,5 °С. Продолжительность вегетации от 136 до 154 дней, сумма температур в период вегетации составляет 2150-2450° С. Средняя многолетняя сумма осадков за год колеблется от 530 до 655 мм, по данному показателю территория исследования относится к зоне умеренного увлажнения. На холодный период приходится примерно 30-35%, а на теплый – 60-70% из годового количества осадков. На февраль-март приходится минимум месячных сумм осадков, на июль – максимум. Гидротермический коэффициент (ГТК) равен 1,3–1,4 [3].

Результаты исследований и их обсуждение

Просо характеризуется широкой адаптацией к экологическим факторам окружающей среды, что доказывает ареалы её возделывания в России. В течение периода вегетации за годы исследования наблюдали различные погодные условия, что позволяет в зависимости от сложившихся абиотических условий окружающей среды оценить величину колебаний урожайности зерна проса.

В зависимости от года исследований индекс условий среды колебался от –0,93 до 0,71. Установили, что наиболее благоприятные условия окружающей среды для получения высокой урожайности проса был 2020 год, а наиболее неблагоприятные – в 2019 году (табл. 1). Индексы условий среды, полученные при расчете по годам исследования, подтверждаются метеорологическими показателями, которые свидетельствуют, что по увлажнению и температурному режиму наиболее благоприятный был год 2020, а 2019 год характеризовался как менее влагообеспеченный.

Таблица 1. Потенциал урожайности проса в условиях запада Брянской области

Система удобрения	Урожайность, ц/га			Средняя	K_A	V, %
	2019 г.	2020 г.	2021 г.			
Без удобрения	23,5	24,7	24,2	24,1	0,78	2,5
Альбит	25,2	26,4	25,8	25,8	0,83	2,3
P60K60	24,8	26,2	26,1	25,7	0,83	3,0
N60P60K60	31,8	34,8	33,9	33,5	1,08	4,6
N60P60K90	35,3	36,7	36,1	36,0	1,16	1,9
N60P60K120	39,6	41,2	41,0	40,6	1,31	2,1
<i>Средняя за год</i>	30,0	31,7	31,2			
<i>Индекс условий среды</i>	-0,93	0,71	0,22			

Потенциал урожайности просо реализовывало в зависимости от условий среды и применения минерального удобрения, оптимальным считается, когда культура имеет коэффициент адаптации (K_A) больше 1, который свидетельствует о способности давать стабильно высокие урожаи в конкретных условиях произрастания. На дерново-подзолистой супесчаной почве в условиях запада Брянской области наибольшую адаптацию ($K_A = 1,31$) наблюдали при использовании минерального удобрения в норме N60P60K120. Обнаружили, что использование минерального удобрения в технологии производства проса увеличивало возможность реализации продуктивности, при этом наблюдали, что оптимальное в минеральном удобрении соотношение азота к калию было 1 к 2, по-видимому, сказывался недостаток калия в почве (табл. 1).

Коэффициент вариации (V), который показывает изменчивость показателя, находился на уровне 1,9-4,6 %, что свидетельствует о незначительной изменчивости урожайности зерна проса от изменения систем удобрения и погодных условий, по методике опытного дела, если $V < 10$ %, то изменчивость принято считать незначительной [13]. Природно-климатические условия запада Брянской области влияют на изменения урожайности проса незначительно ($V = 2,5$ %), применение препарата Альбит и минерального удобрения не изменяет данный показатель (табл. 1).

Стрессоустойчивость ($y_{\min} - y_{\max}$) – это разница между минимальной и максимальной урожайностью, она имеет отрицательное значение, при этом, чем меньше разница, тем выше стрессоустойчивость сельскохозяйственной культуры. Стрессоустойчивость проса при возделывании без применения средств химизации в условиях эксперимента равна $-1,2$. Установили, что при использовании в технологии возделывания проса препарата Альбит стрессоустойчивость не изменялась, при применении минерального удобрения она находится в пределах $-1,4$ до $-3,0$, при этом наблюдали минимум стрессоустойчивости при использовании удобрения в норме N60P60K60 (табл. 2).

Показатель средней урожайности в контрастных условиях показывает гибкость проса, чем выше соответствие между факторами среды и урожайностью культуры, тем выше этот показатель. В контрастных условиях наибольший показатель средней урожайности сформировался при возделывании проса с применением минерального удобрения в дозах N60P60K120 (40,4) и N60P60K90 (36,0) (табл. 2).

Отношение разницы между максимальной и минимальной урожайностью культуры к максимальной урожайности, выраженной в процентах – это размах урожайности (d), который показывает стабильность урожайности в конкретных условиях, чем ниже этот показатель, тем стабильнее продуктивность культуры. Наименьший размах урожайности от 3,8 до 3,9 наблюдали при использовании полного минерального удобрения с соотношением азота к калию как 1 к 1,5 и выше.

Таблица 2. Стрессоустойчивость и адаптивность проса в условиях запада Брянской области

Система удобрения	$Y_{\min} - Y_{\max}$	$(Y_{\min} + Y_{\max}) / 2$	d	b_i	S^2
Без удобрения	-1,2	24,1	4,9	0,71	0,01
Альбит	-1,2	25,8	4,5	0,70	0,04
P60K60	-1,4	25,5	5,3	0,91	0,06
N60P60K60	-3,0	33,3	8,6	1,83	0,00
N60P60K90	-1,4	36,0	3,8	0,83	0,02
N60P60K120	-1,6	40,4	3,9	1,02	0,05

Стабильность (Sd^2) – это устойчивость к лимитирующим факторам среды, способность давать стабильный, но не очень высокий урожай в любых условиях, чем меньше отклонение фактических урожаев от теоретических, тем стабильнее культура [4]. В исследуемом наборе

норм удобрения в технологии возделывания проса наибольшая стабильность урожайности выявлена при использовании минерального удобрения в норме N60P60K60.

Отзывчивость возделываемой культуры на изменение условий среды при возделывании характеризуется показателем экологической пластичности (b_i), который принимает различные значения относительно единицы. Культура обладает большей отзывчивостью на изменение условий среды при $b_i \geq 1$. Культура реагирует слабее на изменение условий среды при $b_i \leq 1$. Культура имеет полное соответствие изменения урожайности к изменению условий возделывания при $b_i = 1$ [7].

При использовании минерального удобрения в норме N60P60K60 в технологии возделывания проса наблюдали наибольшую отзывчивость культуры на изменения условий среды, при использовании N60P60K120 наблюдали полное соответствие изменения урожайности изменению условий возделывания. При применении препарата Альбит и минерального удобрения в дозах P60K60 и N60P60K90 показатель урожайности менее всего реагировал на изменения условий среды.

Наиболее ценны те культуры, а значит и технологии их возделывания, у которых $b_i > 1$, а Sd^2 стремится к 0, такие культуры относятся к высокоинтенсивным, они отзывчивы на улучшения условий и характеризуются стабильной урожайностью. Культуры с высокими показателями b_i и Sd^2 менее ценны, так как их высокая отзывчивость сочетается с низкой стабильностью урожая, а культуры, у которых $b_i < 1$ и близкий к 0 показатель Sd^2 , слабо реагируют на улучшение внешних условий, но имеют достаточно высокую стабильность урожайности [7].

При использовании минерального удобрения в норме N60P60K60 в технологии возделывания проса получили показатели, свидетельствующие о высокоинтенсивности данной технологии, при данной системе удобрения просо характеризуется стабильной урожайностью и отзывчиво на улучшения условий. При использовании минерального удобрения в норме N60P60K90 просо имеет достаточно высокую и стабильную урожайность, но слабо реагирует на улучшение внешних условий (табл. 2).

Выводы

1. Увеличение адаптации к условиям окружающей среды возможно повысить за счет применения минерального удобрения и препарата Альбит, при этом соотношение в нем элементов питания играет определенную роль.
2. Условия запада Брянской области в период исследований как с применением препарата Альбит и минерального удобрения, так и без применения создают незначительную изменчивость урожайности проса.
3. Наибольшая стрессоустойчивость, минимум размаха урожайности зерна проса в контрастных условиях выявлена на варианте без применения удобрения, а наибольшую стабильность урожая в условиях эксперимента наблюдали при использовании минерального удобрения в норме N60P60K60.
4. Использование минерального удобрения усиливает стабильность и снижает отзывчивость культур на изменения среды.

Список источников

1. Аверин В.С., Подоляк А.Г. Роль защитных мероприятий для снижения доз облучения населения и получения нормативно чистой сельскохозяйственной продукции // Белорусское сельское хозяйство. 2010. № 4. С. 18-22.
2. Адаптивный и продуктивный потенциал сортов картофеля нового поколения / В.Е. Ториков, М.В. Котиков, А.А. Осипов, В.В. Седов // Вестник БГСХА. 2020. № 3. С. 26-32.
3. Белоус Н.М., Шаповалов В.Ф. Продуктивность пашни и реабилитация песчаных почв. Брянск: Изд-во Брянской ГСХА. 2006. 432 с.

4. Гончаренко А.А. Об адаптивности и экологической устойчивости сортов зерновых культур // Вестник РАСХН. 2005. № 6. С. 49-53.
5. Корзун О.С., Бруйло А.С. Адаптивные особенности селекции и семеноводства сельскохозяйственных растений. Гродно: ГГАУ. 2011. 140 с.
6. Мамеев В.В., Ториков В.Е. Роль сорта в повышении эффективности производства зерна озимой пшеницы в условиях серых лесных почв Брянской области // Аграрный вестник Верхневолжья. 2020. № 1. С. 55-62.
7. Методика расчета и оценки параметров экологической пластичности сельскохозяйственных растений / В.А. Зыкин, И.А. Белан, В.С. Юсов, Д.Р. Исламгулов. Уфа: Изд-во Башкирского государственного аграрного университета. 2011. 99 с.
8. Персикова Т.Ф., Коготко Ю.В. Совершенствование системы удобрения проса при возделывании в условиях северо-востока Беларуси // Агротехнический вестник. 2020. № 5. С. 28-30.
9. Поспелова И.Н. Ретроспектива и современное состояние производства гречихи // Экономика и бизнес: теория и практика. 2020. № 9-2. С. 36-39.
10. Принципы ресурсосберегающих технологий возделывания зерновых культур в условиях юго-запада центрального региона России / О.В. Мельникова, В.Е. Ториков, В.И. Репникова, Д.М. Мельников // Вестник БГСХА. 2022. № 2. С. 3-8.
11. Санжарова Н.И. Изменение радиационной обстановки в сельском хозяйстве после аварии на Чернобыльской АЭС // Агротехнический вестник. 2010. №2. С. 6-9.
12. Соловьев А.В., Каюмов М.К. Биологические условия формирования урожая проса и накопление сухой биомассы // Зерновое хозяйство России. 2006. № 1. С. 7-8.
13. Усманов Р.Р., Хохлов Н.Ф. Методика опытного дела (с расчетами в программе Excel). Москва: РГАУ-МСХА, 2020. 155 с.
14. Чекмарев П.А., Прудников П.В. Агротехническое и агроэкологическое состояние почв, эффективность применения средств химизации и новых комплексных удобрений в Брянской области // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т.30. №7. С. 24-33.
15. Чесалин С.Ф., Смольский Е.В., Нечаев М.М. Реализация потенциала продуктивности кормовых культур в условиях запада Брянской области // Вестник НГАУ. 2021. № 1. С. 64-74.
16. Эффективность защитных мероприятий при реабилитации кормовых угодий России и Беларуси, загрязненных после катастрофы на Чернобыльской АЭС / Н.М. Белоус, А.Г. Подольяк, А.Ф. Карпенко, Е.В. Смольский // Радиационная биология. Радиозэкология. 2016. Т. 56, № 4. С. 405-413.

References

1. Averin V.S., Podoljak A.G. The role of protective measures to reduce population exposure doses and obtain normative clean agricultural products. Belarusian agriculture. 2010. No. 4. Pp. 18-22.
2. Adaptive and productive potential of new generation potato varieties. V.E. Torikov, M.V. Kotikov, A.A. Osipov, V.V. Sedov. Bulletin of the Bryansk State Agricultural Academy. 2020. No. 3. Pp. 26-32.
3. Belous N.M., Shapovalov V.F. Arable land productivity and sand soil rehabilitation. Brjansk: Bryansk State Agricultural Academy Publ. 2006. 432 p.
4. Goncharenko A.A. On the adaptability and environmental sustainability of grain crops. Bulletin of the Russian Academy of Agricultural Sciences. 2005. No. 6. Pp. 49-53.
5. Korzun O.S., Bruilo A.S. Adaptive features of breeding and seed production of agricultural plants. Grodno: Grodno State Agrarian University Publ. 2011. 140 p.
6. Mameev V.V., Torikov V.E. The role of the variety in increasing the efficiency of winter wheat grain production in gray forest soils of the Bryansk region. Agrarian Bulletin of the Upper Volga Region. 2020. No. 1. Pp. 55-62.

7. Procedure for Calculation and Evaluation of Ecological Plasticity Parameters of Agricultural Plants. V.A. Zykin, I.A. Belan, V.S. Jusov, D.R. Islamgulov. Ufa: Bashkir State Agrarian University Publ., 2011. 99 p.

8. Persikova T.F., Kogot'ko Ju.V. Improvement of millet fertilization system during cultivation in the north-east of Belarus. Agrochemical Herald. 2020. No. 5. Pp. 28-30.

9. Pospelova I.N. Retrospective and the current state of buckwheat production. Economics and business: theory and practice. 2020. No. 9-2. Pp. 36-39.

10. Principles of resource-saving technologies for cultivating grain crops in the south-west of the central region of Russia. O.V. Mel'nikova, V.E. Torikov, V.I. Repnikova, D.M. Mel'nikov. Bulletin of the Bryansk State Agricultural Academy. 2022. No. 2. Pp. 3-8.

12. Solov'ev A.V., Kajumov M.K. Biological conditions of millet crop formation and accumulation of dry biomass. Grain industry of Russia. 2006. No. 1. Pp. 7-8.

13. Usmanov R.R., Khokhlov N.F. Experimental procedure (with calculations in Excel program). Moscow: Russian State Agrarian University. Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev. Publ. 2020. 155 p.

14. Chekmarev P.A., Prudnikov P.V. The agrochemical and agroecological state of soils, the effectiveness of the use of chemicals and new complex fertilizers in the Bryansk region. Achievements in science and technology of the agro-industrial complex. 2016. Vol.30. No.7. Pp. 24-33.

15. Chesalin S.F., Smol'skij E.V., Nechaev M.M. Realization of the potential for productivity of feed crops in the west of the Bryansk region. Bulletin of NSAU. 2021. No. 1. Pp. 64-74.

16. Effectiveness of protective measures in the rehabilitation of feed lands in Russia and Belarus contaminated after the Chernobyl disaster. N.M. Belous, A.G. Podoljak, A.F. Karpenko, E.V. Smol'skij. Radiation biology. Radio ecology. 2016. Vol. 56. No. 4. Pp. 405-413.

Информация об авторах

В.Ф. Шаповалов – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агрохимии, почвоведения и экологии;

Е.В. Смольский – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агрохимии, почвоведения и экологии.

Information about the authors

V.F. Shapovalov – doctor of agricultural sciences, professor of the department of agrochemistry, soil science and ecology;

E.V. Smolsky – doctor of agricultural sciences, professor of the department of agrochemistry, soil science and ecology.