

УДК 633.11

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

Г.П. МАЛЯВКО, доктор сельскохозяйственных наук, e-mail: gpmalyavko@yandex.ru

Е.В. СМОЛЬСКИЙ, доктор сельскохозяйственных наук, e-mail: sev_84@mail.ru

В.Ф. ШАПОВАЛОВ доктор сельскохозяйственных наук, e-mail: kafeap@bgsha.com

ФГБОУ ВО БРЯНСКИЙ ГАУ

В условиях запада Брянской области на дерново-подзолистых почвах легкого гранулометрического состава провели оценку адаптивных свойств гречихи в зависимости от систем удобрения по параметрам экологической стабильности и пластичности по критерию «урожайность». Изменения урожайности зерна гречихи анализировали в период с 2020 по 2022 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 гречихи, применения биопрепарата Альбит и фосфорно-калийного удобрения делает изменчивость средней. Наибольшая стрессоустойчивость, минимальное значение размаха урожайности в контрастных условиях выявлены на варианте без применения удобрения, а наибольшую стабильность урожая в условиях эксперимента наблюдали при применении минерального удобрения в дозе $N_{60}P_{60}K_{120}$. Использование минерального удобрения усиливает стабильность и снижает отзывчивость культуры на изменения среды.

Ключевые слова: гречиха, адаптивность, стабильность, пластичность, стрессоустойчивость, условия среды, система удобрения.

Для цитирования: Малявко Г.П., Смольский Е.В., Шаповалов В.Ф. Потенциал продуктивности гречихи в зависимости от минерального удобрения в условиях дерново-подзолистых почв. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2023; 2(46): 83-88. DOI: 10.24412/2309-348X-2023-2-83-88

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

Malyavko G.P., Smolsky E.V., Shapovalov V.F.

FSBEI HE «BRYANSK STATE AGRARIAN UNIVERSITY»

Abstract: *In the conditions of the west of the Bryansk region, on sod-podzolic soils of light grain size distribution, the adaptive properties of buckwheat were assessed depending on fertilizer systems in terms of environmental stability and plasticity according to the "yield" criterion. Changes in the yield of buckwheat grains were analyzed in the period from 2020 to 2022, 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 buckwheat yield, the use of Albit biologics and phosphate-potassium fertilizer makes variability average. 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 a dose of $N_{60}P_{60}K_{120}$. The use of mineral fertilizer enhances stability and reduces the responsiveness of crops to environmental changes.

Keywords: buckwheat, adaptability, stability, plasticity, stress resistance, environmental conditions, fertilizer system.

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 учетом ресурсосбережения и экологизации производства [1-3].

Реально увеличить объемы производства зерна гречихи на основе повышения урожайности при применении современные средства химизации, включающих биологически активные препараты, регулирующие и стимулирующие протекание ростовых и синтетических процессов в растениях и повышающих адаптивность растений в стрессовых ситуациях [4, 5]. При этом знание потенциала адаптивности культуры в условиях региона возделывания необходимо для правильного подбора соотношения элементов питания в систему удобрения [6].

Параметры экологической пластичности и стабильности были рассчитаны для различных сельскохозяйственных культур, при этом получены данные о реализации потенциала урожайности гречихи, которые подтверждают возможность использования данных методик для экологической оценки применения минерального удобрения в технологии возделывания зерновых и крупяных культур [7, 8].

Цель исследования – оценить адаптивные свойства гречихи по параметрам экологической стабильности и пластичности и действие на них систем удобрения в условиях запада Брянской области, используя параметр «урожайность».

Методика исследований

Полевые исследования проведены в период с 2020 по 2022 год на опытном поле Новозыбковского филиала ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, расположенного в западной части Брянской области, анализ и расчеты экологических показателей на кафедре агрохимии, почвоведения и экологии Брянского ГАУ.

Почва опытного участка – дерново-подзолистая рыхлопесчаная, с содержанием органического вещества 1,7-1,9% (по Тюрину), подвижного фосфора и калия соответственно 366-385 и 68-84 мг/кг почвы (по Кирсанову), обменная кислотность – 6,1-6,4 ед. Плотность радиоактивного загрязнения ^{137}Cs территории 328-360 кБк/м². Расположение делянок систематическое, повторность – трёхкратная, площадь опытной делянки 90 м². Объект исследования сорт гречихи Девятка, норма высева 4,5 млн/га всхожих семян. Агротехника возделывания гречихи общепринятая для зоны исследований, способ посева – рядовой во второй декаде мая. Минеральные удобрения вносили вручную, калий хлористый под зяблевую вспашку, аммиачную селитру и суперфосфат двойной гранулированный под предпосевную обработку почвы. Схема опыта включала следующие варианты внесения минерального удобрения (табл. 2). Уборку урожая проводили в фазу созревания гречихи комбайном «Сампо 500» поделяночно, методом прямого комбайнирования. Учёт урожая весовой, с приведением урожайности зерна к 100% чистоте и стандартной влажности.

Альбит (д. в. поли-бета-гидроксимасляной кислоты, 29,8 г/кг магния сернокислого, 91,1 г/кг калия фосфорнокислого двузамещённого, 91,2 г/кг калия азотнокислого, 181,5 г/кг карбонита) с нормой 50 мл/га вносили в фазу бутонизации.

В результате аварии на ЧАЭС территория запада Брянской области была загрязнена искусственными радионуклидами, поэтому изучали удобрение гречихи, 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 зерне [9].

Индекс условий среды и показатели экологической пластичности: стабильность (Sd^2) и пластичность (bi) определяли по Эберхарту и Расселлу, стрессоустойчивость по А.А. Гончаренко, размах урожайности (d) – по В.А. Зыкину [10], коэффициент вариации (V) – по Б.А. Доспехову [11].

Климат Брянской области умеренно теплый и влажный. Средняя температура воздуха самого холодного месяца от $-7,3$ до $-8,9^\circ\text{C}$, а наиболее теплого от $18,0$ до $19,5^\circ\text{C}$. Вегетационный период длится 136–154 дня, сумма активных температур составляет $2150\text{--}2450^\circ\text{C}$. По количеству осадков территория области относится к зоне умеренного увлажнения. Годовая сумма осадков составляет 530–655 мм. Из годового количества осадков на холодный период приходится примерно 30-35%, а на теплый – 60-70%. Минимум месячных сумм осадков приходится на февраль–март, максимум на июль. Две трети осадков в году выпадает в виде дождя, одна треть – в виде снега. Гидротермический коэффициент равен 1,3-1,4.

Агроклиматические ресурсы территории исследования (табл. 1) получены на метеорологическом посту Новозыбковская СХОС – филиал ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса».

Температурный режим периода исследований колебался как по месяцам, так и по годам исследований, наиболее теплый период исследований наблюдали в 2020 году, когда средняя температура вегетации была равна $17,1^\circ\text{C}$.

Таблица 1

Среднее значение агроклиматических показателей вегетации по периодам исследования

Месяц Год	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Вегетационный период
Температура воздуха, $^\circ\text{C}$							
2020	9,2	13,1	23,6	20,8	20,8	14,8	17,1
2021	7,3	13,0	20,2	23,1	19,1	10,7	15,6
2022	8,5	14,5	22,4	18,5	20,9	11,8	16,1
Количество выпавших осадков, мм							
2020	27	88	74	51	48	45	333
2021	60	37	74	66	64	56	357
2022	27	55	59	65	36	59	301

По количеству осадков наиболее влажный период исследований наблюдали в 2021 году, когда количество выпавших осадков за вегетацию было равно 357 мм, а наиболее засушливый – 2022 год.

Результаты исследований

Гречиха характеризуется широкими адаптивными свойствами, о чём свидетельствуют ареалы её возделывания в России. Разнообразие погодных условий за годы исследования в течение вегетационного периода позволяет объективно оценить уровень варьирования урожайности зерна в зависимости от сложившихся абиотических условий среды.

Индекс условий среды по годам исследования варьировал от $-0,96$ до $0,66$. Установили, что наиболее благоприятные условия среды для получения высокой урожайности гречихи были в 2020 и 2022 годах, а наиболее неблагоприятные в 2021 году (табл. 2).

Потенциал урожайности гречиха реализовала 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 ($\text{K}_A = 1,32$) наблюдали при использовании минерального удобрения в дозе N60P60K120. Установили, что применение минерального удобрения повышало потенциал реализации урожайности, при этом

наблюдали, оптимальное в минеральном удобрении соотношение азота к калию как 1 к 2, по-видимому, сказывается недостаток калия в почве (табл. 2).

Таблица 2

Потенциал урожайности гречихи в условиях запада Брянской области

Вариант	Урожайность, ц/га			Средняя	K _A	V, %
	2020	2021	2022			
Без удобрения	6,2	5,8	6,7	6,2	0,60	7,2
Альбит	7,9	6,5	8,7	7,7	0,74	14,5
P60K60	9,6	7,4	9,8	8,9	0,86	14,9
N60P60K60	12,6	11,8	13,4	12,6	1,21	6,3
N60P60K90	13,8	12,4	13,7	13,3	1,28	5,9
N60P60K120	14,3	12,9	14,2	13,8	1,32	5,7
<i>Средняя за год</i>	10,7	9,5	11,1			
<i>Индекс условий среды</i>	0,31	-0,96	0,66			

Коэффициент вариации (V) урожайности гречихи колебался от 5,7 до 14,9% в зависимости от погодных условий и систем удобрения, по методике опытного дела принято считать изменчивость незначительной, если $V < 10\%$, средней, если $10\% < V < 20\%$, и значительной, если $V > 20\%$ [11]. Природно-климатические условия запада Брянской области влияют на изменения урожайности гречихи незначительно ($V = 7,2\%$), применение препарата Альбит и фосфорно-калийного удобрения повышает этот показатель до средней изменчивости. Установили, что при применении полного минерального удобрения показатель изменчивости снижается до незначительного, при этом наблюдали тенденцию к снижению показателя с ростом соотношения в минеральном удобрении калия к азоту (табл. 2).

Показатель стрессоустойчивости ($y_{\min} - y_{\max}$) имеет отрицательное значение, чем меньше разрыв максимальной и минимальной урожайности, тем выше стрессоустойчивость культуры. Стрессоустойчивость гречихи сорта Девятка при возделывании в условиях эксперимента находится на уровне -0,9. Установили, что при использовании в технологии возделывания гречихи препарата Альбит и фосфорно-калийного удобрения стрессоустойчивость снижается от -2,2 до -2,4, при применении полного минерального удобрения находится в пределах -1,4 до -1,6, при этом наблюдали тенденцию к снижению показателя с ростом соотношении в минеральном удобрении калия к азоту (табл. 3).

Компенсационная способность гибкости гречихи отражает показатель средней урожайности в контрастных условиях $(y_{\min} + y_{\max}) / 2$, при котором, чем выше степень соответствия между культурой и различными факторами среды, тем выше этот показатель. Наибольший показатель средней урожайности в контрастных условиях сформировался при возделывании гречихи с применением минерального удобрения в дозах N60P60K120 (13,6) и N60P60K90 (13,3) (табл. 3).

Таблица 3

Стрессоустойчивость и адаптивность гречихи в условиях запада Брянской области

Вариант	$y_{\min} - y_{\max}$	$(y_{\min} + y_{\max}) / 2$	d	b _i	S ²
Без удобрения	-0,9	6,3	13,4	0,49	0,06
Альбит	-2,2	7,6	25,3	1,29	0,06
P60K60	-2,4	8,6	24,5	1,55	0,06
N60P60K60	-1,6	12,6	11,9	0,89	0,12
N60P60K90	-1,4	13,1	10,1	0,88	0,09
N60P60K120	-1,4	13,6	9,8	0,88	0,09

Размах урожайности (d) это отношение разницы между максимальной и минимальной урожайностью культуры к максимальной урожайности, выраженной в процентах, чем ниже этот показатель, тем стабильнее урожайность культуры в конкретных условиях. Минимальное значение размаха урожайности от 9,8 до 11,9 выявлено при применении полного минерального удобрения, при этом наблюдали тенденцию к снижению показателя с ростом соотношения в минеральном удобрении калия к азоту.

Стабильность (Sd^2) – это устойчивость к лимитирующим факторам среды, способность давать стабильный, но не очень высокий урожай в любых условиях. Стабильность является синонимом пластичности, чем меньше отклонение фактических урожаев от теоретических, тем стабильнее культура [10]. В изучаемом наборе доз удобрения в технологии возделывания гречихи наибольшая стабильность урожайности выявлена при использовании препарата Альбит и минерального удобрения в дозе P60K60.

Коэффициент экологической пластичности (b_i) это отзывчивость культур на изменение условий возделывания. Он принимает значения больше, меньше или равным единице. Если значение $b_i \geq 1$, значит, культура обладает большей отзывчивостью. В случае $b_i \leq 1$ культура реагирует слабее на изменение условий среды. При условии $b_i = 1$ имеется полное соответствие изменения урожайности изменению условий возделывания [10].

Наибольшую отзывчивость гречихи на изменения условий среды обнаружили при применении в технологии возделывания препарата Альбит и минерального удобрения в дозе P60K60, а также на варианте без применения удобрения. При применении полного минерального удобрения в дозе от N60P60K60 до N60P60K120 показатель урожайности менее всего реагировал на изменения условий среды.

Наиболее ценны те культуры, 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 культур, у которых $b_i < 1$ и близкий к 0 показатель Sd^2 , слабо реагируют на улучшение внешних условий, но имеют достаточно высокую стабильность урожайности [10].

Наиболее высокоинтенсивной культура гречихи является при применении препарата Альбит и минерального удобрения в дозе P60K60, при такой системе удобрения гречиха отзывчива на улучшения условий и характеризуются стабильной урожайностью. Слабо реагирует на улучшение внешних условий, но имеют достаточно высокую и стабильную урожайность при применении полного минерального удобрения в дозах N90P90K60-120.

Заключение

Проведя полную оценку адаптивных свойств гречихи по параметрам экологической стабильности и пластичности и действия на них минерального удобрения в условиях дерново-подзолистых супесчаных почв запада Брянской области, используя критерий «урожайность» установили:

- увеличение адаптации к условиям среды возможно повысить за счет применения минерального удобрения и препарата Альбит, при этом соотношение в нем элементов питания играет определенную роль;

- условия запада Брянской области в период исследований создают незначительную изменчивость урожайности гречихи, применение биопрепарата Альбит и фосфорно-калийного удобрения делает изменчивость средней, применение полного минерального удобрения делает изменчивость незначительной;

- наибольшая стрессоустойчивость, минимальное значение размаха урожайности в контрастных условиях выявлены на варианте без применения удобрения, а наибольшую стабильность урожая в условиях эксперимента наблюдали при применении минерального удобрения в дозе N60P60K120; 4) применение минерального удобрения усиливает стабильность и снижает отзывчивость культуры на изменения среды.

Литература

1. Зотиков В.И. Зернобобовые и крупяные культуры – актуальное направление повышения качества продукции // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2017. – № 3 (23). – С. 23-28.
2. Пospelова И.Н. Ретроспектива и современное состояние производства гречихи // Экономика и бизнес: теория и практика. – 2020. – № 9-2. – С. 36-39.
3. Мельникова О.В., Ториков В.Е., Репникова В.И., Мельников Д.М. Принципы ресурсосберегающих технологий возделывания зерновых культур в условиях юго-запада центрального региона России // Вестник БГСХА. – 2022. – № 2. – С. 3-8.
4. Зотиков В.И., Полухин А.А., Грядунова Н.В., Сидоренко В.С., Хмызова Н.Г. Развитие производства зернобобовых и крупяных культур в России на основе использования селекционных достижений // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2020. – № 4 (36). – С. 5-17. DOI: 10.24411/2300-348X-2020-11198
5. Глазова З.И. Оценка действия специальных удобрений АО «Шёлково Агрохим» при разных способах их применения на урожайность гречихи // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2021. – № 3. – С. 74-79. DOI: 10.24411/2300-348X-2021-3-74-79
6. 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.
7. 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.
8. Ториков В.Е., Котиков М.В., Осипов А.А., Седов В.В. Адаптивный и продуктивный потенциал сортов картофеля нового поколения // Вестник БГСХА, 2020, № 3. – С. 26-32.
9. Панов А.В., Ратников А.Н., Свириденко Д.Г., Исамов Н.Н., Цыгвинцев П.Н. Реабилитация сельскохозяйственных земель при масштабном радиоактивном загрязнении (к 35-летию аварии на Чернобыльской АЭС) // Российская сельскохозяйственная наука. – 2021. – № 3. – С. 46-50.
10. Зыкин В.А., Белан И.А., Юсов В.С., Исламгулов Д.Р. Методика расчета и оценки параметров экологической пластичности сельскохозяйственных растений. – Уфа, 2011. – 99 с.
11. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

References

1. Zotikov V.I. Zernobobovyye i krupyanye kul'tury - aktual'noe napravlenie povysheniya kachestva produktsii [Leguminous and cereal crops - the current direction of improving the quality of products]. *Zernobobovyye i krupyanye kul'tury*, 2017, no. 3 (23), pp.23-28. (In Russian)
2. Pospelova I.N. Retrospektiva i sovremennoe sostoyanie proizvodstva grechikhi: Ekonomika i biznes: teoriya i praktika [Retrospective and the current state of buckwheat production]. *Economics and business: theory and practice*, 2020, no. 9-2, pp.36-39. (In Russian)
3. Melnikova O.V., Torikov V.E., Repnikova V.I., Melnikov D.M. Printsipy resursosberegayushchikh tekhnologii vzdelyvaniya zernovykh kul'tur v usloviyakh yugo-zapada tsentral'nogo regiona Rossii [Principles of resource-saving technologies for cultivating grain crops in the south-west of the central region of Russia]. *Bulletin of the Bryansk State Agricultural Academy*, 2022, no. 2, pp.3-8. (In Russian)
4. Zotikov V.I., Polukhin A.A., Gryadunova N.V., Sidorenko V.S., Khmyzova N.G. Razvitie proizvodstva zernobobovykh i krupyanykh kul'tur v Rossii na osnove ispol'zovaniya selektsionnykh dostizhenii [Development of the production of leguminous and cereal crops in Russia based on the use of breeding achievements]. *Zernobobovyye i krupyanye kul'tury*, 2020, no. 4 (36), pp.5-17. DOI: 10.24411/2300-348X-2020-11198 (In Russian)
5. Glazova Z.I. Otsenka deistviya spetsial'nykh udobrenii AO "Shchelkovo agrokhim" pri raznykh sposobakh ikh primeneniya na urozhainost' grechikhi [Assessment of the effect of special fertilizers of Shchelkovo Agrochim JSC in various ways of their use on the yield of buckwheat]. *Zernobobovyye i krupyanye kul'tury*, 2021, no. 3, pp.74-79. DOI: 10.24412/2309-348X-2021-3-74-79 (In Russian)
6. Chesalin S.F., Smolsky E.V., Nechaev M.M. Realizatsiya potentsiala produktivnosti kormovykh kul'tur v usloviyakh zapada Bryanskoi oblasti [Realizing the potential for productivity of feed crops in the west of the Bryansk region]. *Bulletin of the NGAU*, 2021, no. 1, pp.64-74. (In Russian)
7. Mameev V.V., Torikov V.E. Rol' sorta v povyshenii effektivnosti proizvodstva zerna ozimoi pshenitsy v usloviyakh serykh lesnykh pochv Bryanskoi oblasti [The role of the variety in increasing the efficiency of winter wheat grain production in gray forest soils of the Bryansk region]. *Agricultural Bulletin of the Upper Volga Region*, 2020, no. 1, pp.55-62. (In Russian)
8. Torikov V.E., Kotikov M.V., Osipov A.A., Sedov V.V. Adaptivnyi i produktivnyi potentsial sortov kartofelya novogo pokoleniya [Adaptive and productive potential of new generation potato varieties]. *Bulletin of the Bryansk State Agricultural Academy*, 2020, no. 3, pp.26-32. (In Russian)
9. Panov A.V., Ratnikov A.N., Sviridenko D.G., Isamov N.N., Tsygvintsev P.N. Reabilitatsiya sel'skokhozyaistvennykh zemel' pri masshtabnom radioaktivnom zagryaznenii (k 35-letiyu avarii na Chernobyl'skoi AES) [Rehabilitation of agricultural land in case of large-scale radioactive pollution (to the 35th anniversary of the Chernobyl accident)]. *Russian agricultural science*, 2021, no. 3, pp.46-50. (In Russian)
10. Zykin V.A., Belan I.A., Yusov V.S., Islamgulov D.R. Metodika rascheta i otsenki parametrov ekologicheskoi plastichnosti sel'skokhozyaistvennykh rastenii [Methodology for calculating and evaluating parameters of ecological plasticity of agricultural plants], Ufa, 2011, 99 p. (In Russian)
11. Dospikhov B.A. Metodika polevogo opyta [Field experience methodology], Moscow, Agropromizdat, 1985, 351 p. (In Russian)