

In field experiments on sod-podzolic medium loamy soil, it was found that the highest grain productivity of oat plants was obtained in the N₁₂₀P₁₂₀K₁₂₀ variant, in which the grain yield increased by 24-44% compared to the control (the variant without fertilizers), the protein content in the grain was getting higher by 1.7-1.9 %. The introduction of nitrogen had a more noticeable effect on the productivity and quality of oat grain, under the influence of which the grain productivity of plants increased, and the accumulation of proteins in the grains became higher due to enhanced synthesis of glutelins, the activity of all α -amylase, catalase, peroxidase isoenzymes increased in the ripened and sprouted grain, which activated the mobilization of spare starch and antioxidant protection in germinating grain. Under the influence of moderate doses of phosphorus-potassium nutrition (P₆₀K₆₀), the yield and protein content of oat grains increased, whereas with higher doses of these nutrients due to nitrogen deficiency, these indicators did not increase. When using the epin-extra phytohormone in the panicle sweeping phase, the protein content in ripe oat grains increased by 0.3–0.4% due to enhanced synthesis of glutelins and the activity of all α -amylase isoenzymes, acidic and neutral β -amylases and catalases, alkaline peroxidases was getting higher, besides in 7-day-old seedlings grain the activity of all isoenzymes of catalase, peroxidase and alkaline β -amylases also increased.

Keywords: oat grain quality, plant nutrition regime, phytohormones, activity of amylases, catalases, peroxidases in grain.

УДК 551.58:635.21

DOI: 10.25680/S19948603.2023.133.08

УСТОЙЧИВОЕ ВОЗДЕЛЫВАНИЕ КАРТОФЕЛЯ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

И.Г. Козлов¹, М.А. Петрова¹, И.И. Бочарников², Н.Ф. Денискина², к.б.н.

¹ФГБНУ ВНИИА им. Д.Н. Прянишникова

²ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

ilyak501@gmail.com, bocharnikov.i.official@gmail.com, nategor@yandex.ru

Работа выполнена по госзаданию №429-2021-0002

*Вода – важнейший фактор жизнедеятельности растений. В последние годы в связи с изменением климата водный ресурс становится критичным и расходование влаги должно быть сберегающим. Влагосбережение за счет использования различных адсорбентов (гидрогелей) приобретает все большее значение. Адсорбенты впитывают воду и удерживают в себе. Исследовано и проанализировано влияние гидрогелей с добавлением минеральных удобрений и биопрепаратов на продуктивность картофеля сорта Невский (среднеранний) на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве Московской области в 2021-2022 г. при густоте посадки 50,0 тыс. растений на 1 га, ширине междурядий 75 см по стандартной технологии. В опыте применяли NPK – 30:30:80 д.в/га, препарат Ризобакт [число жизнеспособных клеток *Corynebacterium freneyi* не менее $1 \cdot 10^9$ – $5 \cdot 10^9$ КОЕ/мл, массовая доля сухого остатка – 0,05 %, pH (1%-ный раствор) – 6,0-7,0] в дозе 1-2 л/10 л воды. Использовали гидрогель на основе полиакрилата натрия. В воду добавляли NPK или биопрепарат до полного их растворения, затем в жидкость добавляли гидрогель и вносили в лунки. Гидрогель с NPK или биопрепаратом вносили в лунку в количестве 4 г и равномерно распределяли по площади лунки. Внесение гидрогеля с добавлением минеральных удобрений и биопрепаратов позволило увеличить биологический коэффициент размножения и урожайность при добавлении минеральных удобрений на 31-32 %, при добавлении биопрепарата на 15,4-16,2 %.*

Ключевые слова: картофель, гидрогель, биопрепарат, минеральное питание, сорт

Для цитирования: Козлов И.Г., Петрова М.А., Бочарников И.И., Денискина Н.Ф. Устойчивое возделывание картофеля в условиях изменения климата// Плодородие. – 2023. – №4. – С. 33-37. DOI: 10.25680/S19948603.2023.133.08.

В последние годы климат в мире заметно меняется. По данным климатологов, «с 1850 г. каждое из последних четырех десятилетий было более теплым по сравнению с любым предшествующим десятилетием. Глобальная температура в 2011-2020 г. поднялась на 1,09°C по сравнению с 1850-1900 годами. Над сушей она повысилась сильнее, чем над океаном» [5]. Климат в России также заметно меняется. Наблюдаются резкие изменения погоды, увеличивается количество природных катастроф. По данным главы Росгидромета А. Фролова, в России средняя годовая температура растет в 2,5 раза быстрее, чем во всем мире. Наиболее активное потепление в северных районах РФ. Средняя температура зимой на всей территории России может увеличиться на 2-5 °C. Повышение летних температур будет менее выраженным и составит 1-3 °C [5]. Из-за повышения температуры водных ресурсов будет не хватать, особенно для сельскохозяйственного производства

Для успешного возделывания культур в условиях изменения климата необходимо искать новые технологические приемы влагосбережения. Конечно, в первую очередь необходимо возделывать засухоустойчивые сорта, но и использовать севообороты (особенно многолетние травы в них), вносить в почву органические вещества, кальцийсодержащие мелиоранты, применять почвосберегающие обработки, водные адсорбенты и др. [3]. Влагосбережение за счет использования различных адсорбентов (гидрогелей) вызывает все больший интерес. Адсорбенты впитывают воду и удерживают в себе. При их подготовке к применению возможно использование различных наполнителей: водорастворимых удобрений, микробиологических препаратов, различных стимуляторов и т.д. В этом случае корневая система получает в доступной форме минеральное питание, не перувлажняется и не загнивает.

Гидрогель – это водопоглощающий полимер в виде гранул, который обладает уникальной способностью

поглощать и удерживать при набухании до 1 л воды на 10 г гидрогеля. Наиболее распространены гидрогели на основе полиакриламида. Когда гидрогель в сухом состоянии, полимерные цепочки находятся в «свернутом» состоянии, при добавлении воды они расходятся, и вода проникает внутрь. Происходит набухание гранул с образованием гидрогеля. Гидрогели созданы на основе экологически безвредных полимеров, они не токсичны, сохраняют свои свойства при высоких и низких температурах в почве в течение пяти лет.

Современные исследования показали возможность синтеза новых гидрогелей, содержащих в своем питательные компоненты и ростовые вещества, которые могут быть использованы в сельском хозяйстве в засушливых регионах. Также обнаружено, что путем введения в состав гидрогеля, синтезированного на основе гидролизованного полиакрилонитрила, минеральных удобрений в качестве питательных компонентов увеличивается способность гидрогелей удерживать как влагу, так и макро- и микроэлементы.

По данным ученых, гидрогели можно использовать при выращивании сельскохозяйственных культур, в том числе картофеля, как для водообеспечения в период вегетации, так и для внесения NPK и стимуляторов роста и развития растений [6]. Установлено, что введение набухших гелевых структур в ризосферу картофеля позволяет: оптимизировать водоснабжение и урожайность картофеля, защитить плодородный слой и клубни картофеля от основных патогенов, фиксировать современные средства защиты растений в ризосфере, предотвращая их вымывание и попадание в окружающую среду [4]. Предварительные лабораторные эксперименты провели антимикробную активность гелевых структур, а также их влагоудержание, дисперсность и гидропроводность с последующим компьютерным моделированием водообмена и поглощения корнями в системе почва-гель-картофель.

С помощью гидрогелей можно вносить химические препараты для защиты от болезней [4]. Защитные фунгицидные и антибактериальные свойства гидрогелевых композиций были протестированы с использованием изолятов фитофтороза (оомицета *Phytophthora infestans* (Mont.) и черной ножки картофеля [*Pectobacterium atrosepticum* (van Hall, 1902)], полученных из Государственной коллекции фитопатогенных микроорганизмов во ВНИИ фитопатологии [4].

Использование влагосберегающих препаратов (гидрогелей) позволит удерживать влагу в почве в период

роста и развития растения. Их применение в мире находит все большее распространение (США, Япония, Китай и др.) [7]. Это позволит снизить количество поливов (на богаре) или сберечь и использовать влагу в период снижения влажности или засухи.

Цель исследований – проанализировать влияние различных наполнителей при использовании адсорбентов при возделывании раннего картофеля в условиях Московской области.

Методика. Работа выполнена на участке (55.308998 северной широты, 37.797354 восточной долготы) Центральной опытной станции ВНИИ агрохимии в Барыбино в 2021-2022 г., расположенном в микрорайоне Белые Столбы (Московская обл., Домодедовский район).

Почва опытного участка дерново-подзолистая среднесуглинистая. Содержание гумуса 2,1% (по Тюрину), подвижного фосфора 16,16 мг/кг, обменного калия 79,09 мг/кг (по Чирикову), рН_{сол.} 5,7 ед. (ГОСТ 26483-85). Участок находится на склоне с перепадами высот.

Объект исследования – картофель сорта Невский, суперэлита. Схема посадки 75 x 30 см. Густота стояния 50,0 тыс. растений на 1 га.

В опыте применяли NPK – 30:30:80 д.в/га, препарат Ризобакт (число жизнеспособных клеток *Corynebacterium freneyi* не менее – $1 \cdot 10^9$ – $5 \cdot 10^9$ КОЕ/мл, массовая доля сухого остатка – 0,05 %, рН (1%-ный раствор) 6,0-7,0 в дозе 1-2 л/10 л воды. Использовали гидрогель на основе полиакрилата натрия. В воду добавляли NPK или биопрепарат до полного растворения их, затем в жидкость добавляли гидрогель и, после его абсорбции, раствор вносили в лунки. Гидрогель с NPK или биопрепаратом вносили в лунку в количестве 4 г и равномерно распределяли по площади лунки (рис.).



Рис. Посадка картофеля

1. Климатические условия вегетационного периода картофеля

Месяц	Температура воздуха, °С						Осадки, мм					
	I	II	III	средняя	норма	отклонение от нормы	I	II	III	выпало	норма	% от нормы
2021 г.												
Май	6,9	17	19,1	14,3	13,9	0,4	43	8	27	78	50	156
Июнь	15,8	24,3	19,9	20	17,6	+2,4	26	5	9	40	69	58
Июль	18,9	27,1	20	22	19,7	+2,3	4	0	8	12	70	17
Август	17,4	23,4	18,3	19,7	17,7	+2,0	60	24	12	96	65	149
Сентябрь	11,7	9,1	8,9	9,9	11,9	-2,0	32	16	24	82	52	156
2022 г.												
Май	8,8	11,9	10,7	10,5	13,9	-3,4	22	31	19	72	50	143
Июнь	17,9	17,3	19,8	18,3	17,60	+0,7	7	9	11	27	69,00	39,00
Июль	17	24,5	20,1	20,5	19,7	+0,8	10	14	17	41	70	59
Август	20,3	24,1	18	21	17,7	+3,3	2	1	2	5	65	8
Сентябрь	11,7	11,2	6,9	9,9	11,9	-2,0	16	59	35	110	52	211

Посадку проводили в начале мая рендомизированно, в 3-кратной повторности, уборку – в середине июля. Технология возделывания включала обработку почвы (зяблевая вспашка осенью, фрезерование весной, нарезка гребней перед посадкой), а также уход за растениями (междурядная обработка, окучивание). Посадку осуществляли однорядной картофелесажалкой для полевых исследований. Уборку проводили вручную для учета урожайности культуры.

Климатические условия произрастания картофеля в 2021-2022 г. были благоприятными, что видно из таблицы 1.

При проведении полевых и лабораторных исследований по культуре картофеля (1967) применяли общепринятые методы, статистическую обработку данных по Доспехову Б.А. (1967), дисперсионный анализ (ANOVA).

Результаты и их обсуждение. Один из наиболее важных факторов произрастания растений является влага, к сожалению, осадки поступают неравномерно.

Исследования проводятся в Московской области на дерново-подзолистых почвах, а они характеризуются большой изменчивостью. Интенсивное поступление влаги, как и её недостаток для растений являются стрессом. Для нормального роста и развития растений картофеля необходимо поступление влаги постоянно в оптимальных количествах, ежедневно требуется 5-6 мм влаги. Гидрогель удерживает не только влагу в почве, но и любые добавленные наполнители, которые поступают в растение постепенно.

Итогом всех сложнейших процессов, происходящих в растении (биохимических, физиологических), является урожайность. Она представлена в таблицах 2, 3. Полученные результаты свидетельствуют о влиянии внесения гидрогеля в прикорневую зону растений.

При посадке 50 тыс. растений на 1 га урожайность клубней картофеля на контроле составила 18,36 т/га, при внесении минеральных удобрений в гидрогель – 24,2 и при внесении биопрепарата – 21,18 т/га.

2. Структура урожая картофеля сорта Невский (в среднем за 2021-2022 г.)

Вариант	Мелкие клубни < 30 г		Средние – 30-80 г		Крупные > 80 г		Число клубней с 1 куста	Масса клубней с 1 куста, г	± к контролю, шт/г
	шт.	г	шт.	г	шт.	г			
Контроль	2,7	45,9	3,7	172,9	1,5	148,4	7,9	367,2	
Гидрогель + NPK	4,0	65,2	4,8	212,6	1,6	207,1	10,4	484,9	+2,5/+117,7
Гидрогель + биопрепарат	3,8	67,9	4,0	202,2	1,5	153,4	9,2	423,6	+1,3/+56,4
HCP ₀₅	0,18	2,9	0,21	9,8	0,08	8,5	1,4	21,2	

3. Влияние изучаемых факторов на показатели структуры среднего урожая картофеля (в среднем за 2021-2022 г.)

Вариант	Всего	Выход, % от числа клубней с 1 куста			Всего, г	Выход, % от массы клубней с 1 куста		
		Крупные (>80 г)	Средние (30-80)	Мелкие (<30 г)		Крупные (>80 г)	Средние (30-80)	Мелкие (<30 г)
Контроль	7,9	19	46,8	34,2	367,2	40,4	47,1	12,5
Гидрогель + NPK	10,4	15,4	46,2	38,4	484,9	42,7	43,8	13,4
Гидрогель + биопрепарат	9,2	15,3	43,4	41,3	423,6	36,2	47,7	16,0

При добавлении минеральных удобрений в гидрогель биологический коэффициент размножения вырос на 31,6 % (+2,5 шт.), при добавлении биопрепарата – на 16,5 % (+1,3 шт.). Также возросла урожайность при добавлении минеральных удобрений на 32 % (+117,7 г) и биопрепарата – на 15,4 % (+56,4 г.). Для ранней продукции получение таких урожаев рентабельно, в связи с тем, что продукция может продаваться по более высокой цене в летний период. К сожалению, картофель Россия закупает с начала марта месяца в Египте, Израиле и т.д., отечественная продукция начинает поступать в розницу только после 1 августа.

Важным для ранней продукции является качество клубней, которое зависит от химического состава. Данные анализов не выявили различий в химическом составе опытных образцов. Сухих веществ содержалось 20,1 %. Больше сухих веществ в сосудистых пучках, уменьшение происходит к периферии клубня и внутренней сердцевине. Содержание крахмала по вариантам не различалось, в среднем оно составило 14,5 %. Это показывает, что применение гидрогеля не оказывает отрицательного влияния на качество клубней. Многочисленные исследования показали, что химический состав сильно варьирует от особенностей выращивания (климатических, погодных, типа почвы, применяемых удобрений, агротехники). В данном случае исследования проходили в одних условиях, агротехника не различалась, погодные условия также были одинаковыми.

Таким образом, результатами исследований установлено, что гидрогели в технологии возделывания картофеля раннего при внесении локально в лунку позволяют увеличить биологический коэффициент размножения и урожайность при добавлении минеральных удобрений на 31-32 %, при добавлении биопрепарата на 15,4-16,2 %. Использование гидрогелей особенно актуально в засушливых условиях возделывания.

Литература

1. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
2. Методика исследований по культуре картофеля. – М.: НИИКС, 1967. – 263 с.
3. Гаспарян И.Н. Урожай картофеля зависит от технологии // Картофель и овощи. – 2016. – №1. – С. 28-29.
4. Денискина Н.Ф., Гаспарян И.Н., Дыйканова М.Е., Левшин А.Г., Гаспарян И.Н. Защита сельскохозяйственных культур от вредных организмов в периоды ухода и хранения: учебное пособие. – М.: РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2021. – 108 с.
5. Снакин В.В. Глобальные изменения климата: прогнозы и реальность // Жизнь Земли. – 2019. – Т.41. – № 2. – с. 148-164.
6. Левшин А.Г., Гаспарян И.Н., Дыйканова М.Е., Ивашова О.Н., Денискина Н. Ф. Возделывание экологически чистого картофеля раннего в двухурожайной культуре в условиях Московской области: практические рекомендации. – М.: РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2020. – 40 с.
7. Levshin A., Ivashova O., Gasparyan I., Gasparyan Sh., Deniskina N. Competitiveness of early potato production in two-crop culture // В сборнике: International Conference on Policies and Economics Measures for Agricultural Development (AgroDevEco 2020). Proceedings of the International Conference on Policies and Economics Measures for Agricultural Development (AgroDevEco 2020). 2020. С. 208-212.

I.G. Kozlov, M.A. Petrova, I.I. Bocharnikov, N.F. Deniskina, PhD IFGBNU VNIIA named after D.N. Pryanishnikov FGBOU IN RGAU-Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev ilyak501@gmail.com, bocharnikov.i.official@gmail.com, nategor@yandex.ru

Water is the most important factor in plant life. In recent years, due to climate change, the water resource has become critical and moisture consumption must be conserved. Moisture conservation through the use of various adsorbents (hydrogels) is becoming increasingly important. Adsorbents absorb water and retain it. The effect of hydrogels with the addition of mineral fertilizers and biological preparations on the productivity of potatoes of the Nevsky (mid-early) variety on sod-podzolic medium loamy soil of the Moscow region in 2021-2022 at a planting density of 50.0 thousand plants per 1 ha, row spacing was studied and analyzed. 75 using standard technology. In the experiment, NPK was used – 30:30:80 a.v./ha, the drug Rizo-bakt [the number of viable cells of *Corynebacterium freneyi* is not less than 1×10^9 – 5×10^9 CFU/ml, the mass fraction of dry residue is 0.05%, pH (1% – nal solution) – 6.0-7.0] at a dose of 1-2 l/10 l of water. A hydrogel based on sodium polyacrylate was used. NPK or a biological product was added to the water until it was completely dissolved, then the hydrogel was added to the liquid and added to the wells. A hydrogel with NPK or a biological product was added to the well in an amount of 4 g and evenly distributed over the area of the well. The introduction of hydrogel with the addition of mineral fertilizers and biological products made it possible to increase the biological reproduction coefficient and yield when adding mineral fertilizers by 31-32%, and by 15.4-16.2% when adding a biological product.

Key words: potato, hydrogel, biological product, mineral nutrition, variety.

УДК 631.445.24.:631.85:631.821.1

DOI: 10.25680/S19948603.2023.133.09

ВЛИЯНИЕ СОВМЕСТНОГО ПРИМЕНЕНИЯ ФОСФОРНЫХ И МЕДНЫХ УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА

С.П. Бижан, к.с.-х.н.,
ВНИИ агрохимии им. Д.Н. Прянишникова, e-mail: kzuek@yandex.ru

Работа выполнена по госзаданию №FGWR-2021-0002

В длительном полевом опыте СШ-27 (заложен в 1966 г.) на слабоокисленной сильнокислой тяжелосуглинистой дерново-подзолистой почве проведены исследования по совместному внесению фосфорных и медных удобрений при различной кислотности почвы. Установлена наиболее высокая эффективность применения фосфорных и медных удобрений на слабокислой почве (pH_{KCl} 5,4), урожайность озимой пшеницы сорта Московская 56 повышалась в 3,1 раза в сравнении с урожайностью на фоне НК (2,20 т/га) сильнокислой почвы (pH_{KCl} 4,1). Медные и фосфорные удобрения на среднекислой (pH_{KCl} 4,7) и сильнокислой почвах повышали урожайность в 2,6 и 1,9 раза соответственно. При совместном внесении медных и фосфорных удобрений на слабокислой почве формировалась максимальная урожайность озимой пшеницы (6,82 т/га) и возрастала окупаемость минеральных удобрений ($N_{120}P_{90}K_{90}$) прибавкой зерна в 3,5 раза, достигая 15,3 кг/кг.

Совместное внесение фосфорных и медных удобрений на слабокислой почве приводило к возрастанию выноса элементов питания из удобрений растениями озимой пшеницы: азота – в 2,6; фосфора – в 2,7 и калия – в 2,4 раза по сравнению с выносами на сильнокислой почве. За счёт медных удобрений увеличивался коэффициент использования фосфора от 5,2 до 8,1%. Применение медных удобрений на слабокислой почве увеличивало содержание белка и клейковины в зерне озимой пшеницы по сравнению с их содержанием на фоне НК сильнокислой почвы на 1,0 и 2,9% соответственно.

Ключевые слова: озимая пшеница, медные микроудобрения, известкование, урожайность, качество, почвенная кислотность, дерново-подзолистая почва

Для цитирования: Бижан С.П. Влияние совместного применения фосфорных и медных удобрений на урожайность озимой пшеницы и качество зерна// Плодородие. – 2023. – №4. – С. 36-40. DOI: 10.25680/S19948603.2023.133.09.

Рост урожайности зерновых культур вследствие повышения результативности сельскохозяйственного производства содействует усилению выноса элементов питания из почвы, включая и такой незаменимый для растений микроэлемент как медь. Во многих регионах Российской Федерации выявлено большое количество площадей пахотных земель с низким (до 1,3 мг/100 г CuO) содержанием подвижной меди, включающих в среднем от 50 до 70% пашни [1]. Росту дефицита меди способствуют не только вынос с урожаем, но и процессы выщелачивания её из почвы при продолжительном использовании физиологически кислых удобрений в отсутствие известкования [1-6]. Сложившееся положение вызывает необходимость внесения медных микроудобрений как условие повышения урожайности и качества

зерновых культур, в первую очередь озимой пшеницы и ярового ячменя, являющихся наиболее чувствительными к ним. Под воздействием меди увеличиваются содержание белка в зерне, устойчивость к бактериальным и грибным заболеваниям, к недостатку влаги, а также к высоким и низким температурам [7-10, 13].

Исследование влияния на урожайность и качество сельскохозяйственных культур микроудобрений меди проводилось в основном в микрополевых краткосрочных опытах на дерново-подзолистых и болотных почвах среднего и лёгкого гранулометрического состава. Между тем, воздействие одновременного внесения фосфорных и медных удобрений на величину и качество урожая интенсивных сортов зерновых культур, а также вынос культурами элементов питания из удобрений на