

11. Шаповалов О.А. Регуляторы роста растений в практике сельского хозяйства // Защита и карантин растений. – 2015. – № 2. – С. 13–14.
12. Ramesh K. and Reddy D. D. Chapter Four – Zeolites and Their Potential Uses in Agriculture. Advances in Agronomy. D. L. Sparks, Academic Press, 2011. 113(2): p. 219-241.
13. ГОСТ 7194-81 Картофель свежий. Правила приемки и методы определения качества // Стандартинформ. – 2010. – С. 13.

14. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
15. Филли В. И., Гулянов Ю. А. Влияние удобрений на качество клубней картофеля при программировании урожаев в условиях орошения // Известия ОГАУ. – 2004. – №2. – С. 95-96.

APPLICATION OF FERTILIZER COMPLEX IN CULTIVATION OF POTATOES

E.A. Prischepenko, PhD in Agricultural Sciences, M.M. Khimatullin, DSc in Agricultural Sciences, Federal State Budgetary Institution "Management" of Privolzhskmeliovodkhoz", Center for Organic Agriculture and Production of Ecologically Clean Products of the Institute of Applied Research of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan

The article presents the results of studies of the effect of various fertilizers, zeolite and the biostimulator Metalloocene on the yield and quality of potatoes of Salsa and Arosa varieties in the conditions of the Republic of Tatarstan. Field experiments were conducted on gray forest heavy loamy soil during 2020-2022. The results showed that the combined use of mineral fertilizers, zeolite and the biostimulator Metalloocene allowed to increase potato yields by 30-70%. At the same time, there was an improvement in the quality of tubers, an increase in the content of dry matter and starch. The data obtained indicate the high efficiency of the proposed fertilizer schemes and can be used to increase the productivity of potato farming.

Keywords: potatoes, yield, product quality, zeolites, fertilizers, agrochemical indicators.

УДК 633:57.045

DOI: 10.25680/S19948603.2024.141.08

ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ НА ОСОБЕННОСТИ АДАПТАЦИИ СОРТОВ ЯЧМЕНЯ К ПОЧВЕННОЙ ЗАСУХЕ

И.А. Быковская, Л.В. Осипова, д.б.н., Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии имени Д.Н. Прянишникова» (ФГБНУ «ВНИИ агрохимии»)

127434, Россия, г. Москва, ул. Прянишникова, 31А; E-mail: legos4@yandex.ru

Представлены результаты исследований по изучению влияния обеспеченности основными элементами минерального питания на физиолого-биохимические параметры двух сортов ярового ячменя, в оптимальных условиях культивирования и при действии нарастающей почвенной засухи. Показаны особенности адаптации сортов по изменению параметров роста, газообмена, экзоосмоса электролитов и фотосинтетических пигментов. Установлено, что сортоспецифичность реакций на стресс зависит от обеспеченности минеральным питанием.

Ключевые слова: адаптация, ячмень, сорта, засуха.

Для цитирования: Быковская И.А., Осипова Л.В. Влияние минерального питания на особенности адаптации сортов ячменя к почвенной засухе // Плодородие. – 2024. – №6. – С. 39-42. DOI: 10.25680/S19948603.2024.141.08.

Одним из элементов современных агротехнологий является сорт и его экологическая устойчивость – способность давать высокие и стабильные урожаи в широком диапазоне варьирования погодно-климатических факторов. Изучение физиолого-биохимических механизмов в растениях при стрессовом воздействии необходимо при оценке и выборе адаптивных сортов [1, 2].

Оценивая адаптацию ярового ячменя к почвенной засухе как множественные взаимодействия между физиологическими и морфологическими процессами в растениях, изучали влияние обеспеченности основными элементами минерального питания на устойчивость растений.

Цель исследований – изучить влияние минерального питания на адаптацию сортов ярового ячменя к почвенной засухе.

Методика. Объектами исследований служили сорта ярового ячменя (*Hordeum vulgare* L.) Владимир и Московский 2. Оба сорта среднеспелые, пивоваренные, среднеустойчивые, близкие по средней и максимальной продуктивности, различающиеся по времени создания и включения в Госреестр селекционных достижений, соответственно, в 2007 и 1984 г.

Почва – дерново-подзолистая среднесуглинистая, вегетационные опыты закладывали по методике З.Н. Журбицкого [3]. Агрохимическая характеристика следующая:

$p_{H_{KCl}}$ 4,7; Нг – 3,8 мг-экв/100 г почвы, P_2O_5 – 93 мг/кг, K_2O – 64 мг/кг. Яровой ячмень выращивали в сосудах, содержащих 5 кг воздушно-сухой почвы. Известкование проводили по полной норме гидролитической кислотности. Основные минеральные элементы вносили в виде чистых солей NH_4NO_3 , $NH_2H_2PO_4$, $K_2H_2PO_4$ из расчета 100 и 300 мг/кг почвы. Почвенную влагоемкость (ПВ) поддерживали на уровне 70%. Время наступления этапов органогенеза определяли по [4]. В критический период закладки колосков и цветков на апексе главного побега в опытных вариантах прекращали полив до наступления влажности устойчивого завядания (ВУЗ) растений, что соответствовало 14% ПВ. Рост растений оценивали по величине нарастания ассимиляционной поверхности и абсолютному накоплению сухой биомассы [5]. Интенсивность газообмена определяли на газоанализаторе ГОА-5 по изменению концентрации CO_2 , что фиксировалось на ленте самописца, и рассчитывали по формуле:

$$\Phi_{CO_2} = \frac{\Delta C \cdot V \cdot f \cdot 1,96}{\Delta t \cdot n \cdot 100}, \text{ мг } CO_2/\text{ч},$$

где ΔC – изменение концентрации от C_1 до C_2 за время t_1-t_2 ;

V – объем камеры, л;

f – коэффициент приведения к нормальным условиям атмосферы и температуры; 1,96 – коэффициент перевода мл $CO_2/\text{ч}$ в мг $CO_2/\text{ч}$;

60 – коэффициент перевода мг/мин в мг/ч,
n – число растений, шт.

Нетто-ассимиляцию определяли как накопление органического вещества в процессе фотосинтеза (за 16 ч), за вычетом использованного при дыхании (за 8 ч). О генерации активных форм кислорода (АФК) судили по интенсивности перекисного окисления липидов (ПОЛ), которое определяли по накоплению продуктов, дающих стойкое окрашивание с тиобарбитуровой кислотой (ТБК). Неспецифическую ионную проницаемость клеточных мембран определяли по электропроводности вытяжки после двухчасовой экспозиции в водном растворе на кондуктометре ОК-102 [6].

Результаты опытов обработаны математически. В таблицах и на рисунках приведены среднеарифметические значения, стандартное отклонение которых не превышало 5-7% от средних величин.

Результаты и их обсуждение. Сравнение ростовой реакции растений ячменя на повышение уровня

минерального питания показало различия параметров фотосинтетической деятельности сортов. Ассимиляционная поверхность в фазе кущения у сорта Владимир возросла на 64,3%, в период выхода в трубку на 94,3%. У сорта Московский 2 она была выражена немного слабее, прирост площади листьев составил 19,0 и 27,3% соответственно (рис. 1).

При оценке газообмена было установлено, что на высоком фоне питания нетто-ассимиляция сорта Владимир, которую рассчитывали по разнице между поглощением CO₂ за световой день и потраченным на дыхание за ночь, была в 2,5 раза выше и составляла 67,8 по сравнению с 27,2 мг/сут при пониженной обеспеченности NPK. У сорта Московский 2 уровень газообмена был на обоих фонах питания значительно ниже за счет более высокой интенсивности дыхания в ночной период, величина нетто-ассимиляции составляла 12,88 и 29,6 мг CO₂/сут на 1 растение соответственно.

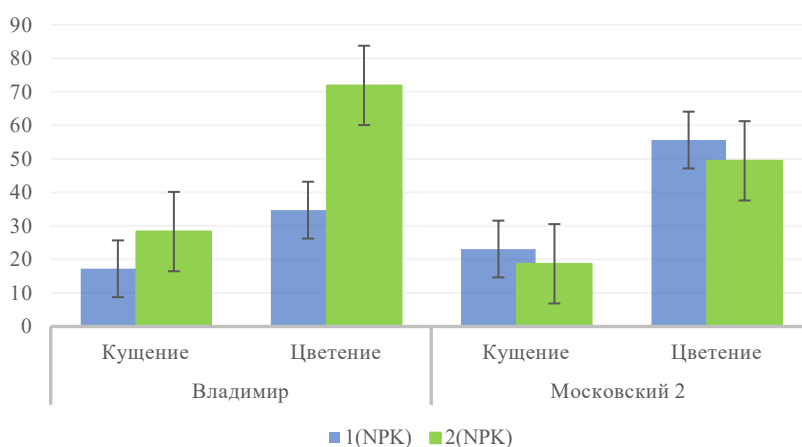


Рис. 1. Площадь ассимиляционной поверхности сортов в фазы кущения и цветения на двух фонах питания, см²/растение

1. Газообмен сортов ярового ячменя на разных фонах минерального питания

Сорт	Условия водообеспеченности	Газообмен, мг CO ₂ /ч				Нетто-ассимиляция, мг/сут/растение	
		1(NPK)		2(NPK)		1(NPK)	2(NPK)
		свето-то-вой	тем-но-вой	свето-то-вой	тем-но-вой		
Владимир	Полив	2,55	1,7	4,43	0,91	27,2	67,84
	Засуха	1,38	0,74	2,7	1,03	16,16	34,96
Московский 2	Полив	1,5	1,39	2,6	1,5	12,88	29,6
	Засуха	0,84	0,60	0,89	0,82	8,64	7,68

Одним из параметров, характеризующих физиологическое состояние растений, является экзоосмос электролитов из листьев, обусловленный работой ионных каналов. В нормальной физиологии изменения в проницаемости мембран служат адаптивным механизмом поддержания стабильного функционирования клетки. В проведенных экспериментах количество вытекающих из клетки ионов зависело от уровня минерального питания в оптимальных условиях культивирования. Общее содержание электролитов и количество вытекающих из клетки, было выше при высоком содержании основных минеральных элементов в среде.

К началу безполивного периода сорта различались по реакции на возрастание уровня минерального питания. Сорт Владимир оказался более отзывчив на повышение фона питания и характеризовался высокой интенсивностью роста и газообмена. Интенсивность физиологи-

ческих процессов у сорта Московский 2 была выше на пониженном фоне питания.

Почвенная засуха в первую очередь проявляется в изменении физиологических параметров – снижении относительного содержания воды в листьях и интенсивности транспирации, что вызывает закрывание устьиц и уменьшение поглощения углекислоты. Снижение фотосинтетической активности, спровоцированной торможением роста, приводило к возрастанию содержания свободных радикалов, которые в нормальной физиологии растений являются побочными продуктами химических реакций в органеллах клетки и выполняют регуляторные и сигнальные функции, а в условиях водного дефицита приводят к развитию окислительного стресса [7]. Генерируемые при стрессе активные формы кислорода (АФК) вызывают изменение проницаемости мембран, нарушение в работе ионных каналов в плазмолемме и тонопласте. Увеличение экзоосмоса может сопровождаться расстройством трансмембранного переноса веществ и приводить к необратимым изменениям ионного баланса [8, 9].

Выход электролитов при стрессовом воздействии направлен на снижение интенсивности метаболизма и сохранение ресурсов для последующего восстановления.

В проведенных экспериментах условия минерального питания определяли общее содержание и количество вытекающих ионов как в нормальных условиях, так и при нарастании почвенной засухи.

Нарастающая почвенная засуха приводила к увеличению экзоосмоса электролитов из листьев ячменя, что особенно проявилось у сорта Московский 2 на повышенном минеральном фоне. За шесть последних суток

безполивного периода выход электролитов у сорта Московский 2 вырос в 2 раза, в то время как у сорта Владимир лишь на 25% (рис. 2).

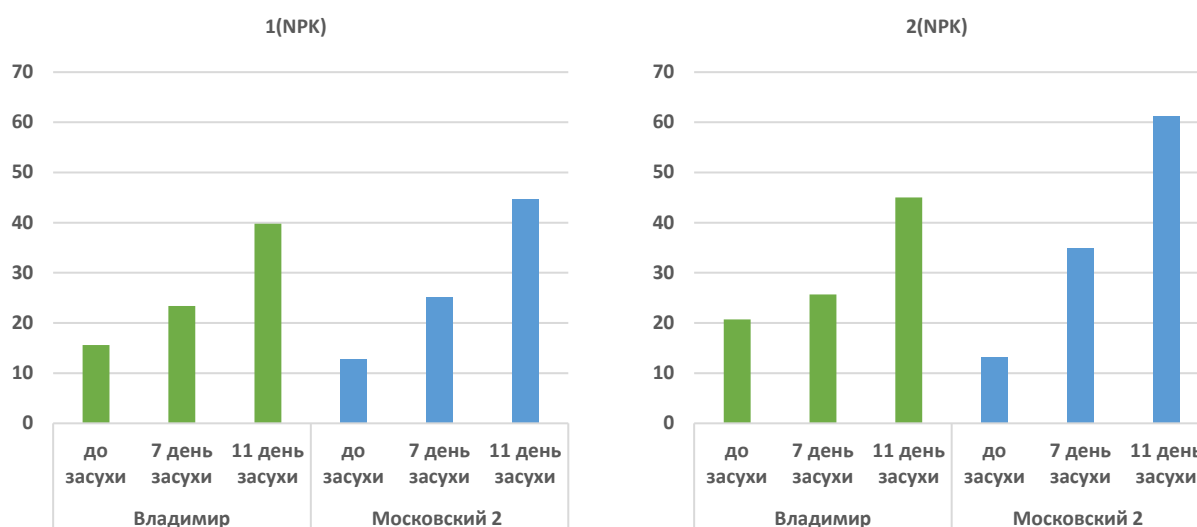


Рис. 2. Выход ионов из листьев сортов ячменя при ВУЗ на разных уровнях питания, % от полного выхода

Адаптационные способности сортов проявились в конце засухи, при наступлении влажности устойчивого завядания (ВУЗ), когда содержание почвенной влаги снизилось до 14% ПВ и она стала недоступна растениям. При определении пигментов фотосинтеза было установлено изменение доли хлорофилла *b* в общей сумме пигментов. Хлорофилл *b* облигатный пигмент, выполняющий наряду со светособирающей функцией, защиту фотосистем I и II от повреждающего действия активных радикалов, избыточно генерируемых при стрессах. Сорта ячменя различались, как по содержанию хлорофиллов,

так и по реакции на изменение обеспеченности основными минеральными элементами (рис. 3).

При повышении фона минерального питания у сорта Владимир количество синтезируемых пигментов возрастало за счет активации образования хлорофилла *b* на 55,6%, в то время как у сорта Московский 2 сумма хлорофиллов уменьшалась из-за торможения синтеза хлорофилла *b* на 27,9% (рис. 3). Можно полагать, что сорт Владимир на повышенном минеральном фоне питания оказался более адаптивен, чем Московский 2.

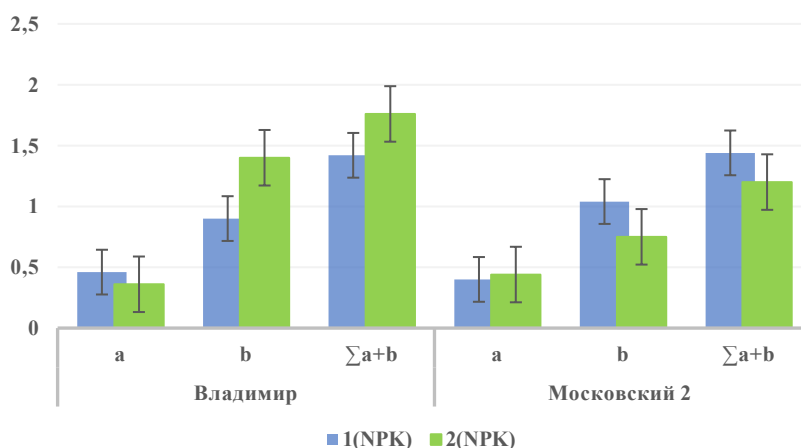


Рис. 3. Содержание хлорофилловых пигментов в листьях сортов ячменя при ВУЗ

Сортовая специфика проявилась также после окончания почвенной засухи и возобновлении полива. Репарационные способности сорта Владимир были отмечены на высоком фоне питания, когда скорость роста по накоплению биомассы составила 86,7 мг/сут по сравнению с 23,0 мг/сут при меньшей обеспеченности основными элементами минерального питания. У сорта Московский наоборот, восстановительная активность после перенесенного стресса была выше на менее обеспеченном основными минеральными элементами фоне 1(NPK) и составляла 55,0 мг/сут по сравнению с 34 мг/сут на фоне 2(NPK). Аналогично изменялась и

ассимиляционная поверхность растений – у сорта Владимир на низком фоне питания за 7 сут после окончания засухи площадь листьев практически не изменилась, а на фоне 2(NPK) возросла на 9%. У сорта Московский 2 более эффективно формировалась листовая поверхность при низкой обеспеченности NPK. На высоком фоне питания за 7 сут репарации достоверных изменений листьев не наблюдалось.

Анализируя продуктивность сортов, можно отметить, что сорт Владимир оказался наиболее продуктивным по сравнению с сортом Московский 2 на обоих фонах минерального питания. Почвенная засуха снизила

продуктивность обоих сортов. Наибольшее негативное влияние засуха оказала на сорт Московский 2 на высоком минеральном фоне (табл. 2).

2. Продуктивность сортов ячменя, г/сосуд

Сорт	1(NPK)		2(NPK)		Снижение от засухи, %	
	полив	засуха	полив	засуха	1(NPK)	2(NPK)
Владимир	9,18	7,14	15,10	12,24	22,20	18,90
Московский 2	4,93	2,55	5,95	1,12	48,30	81,18

Заключение. Сорта ярового ячменя различались по реакции на повышение фона минерального питания в нормальных условиях и при действии абиотического стресса, индуцированного почвенной засухой. В нормальных условиях культивирования у сорта Владимир повышение обеспеченности основными элементами минерального питания приводило к возрастанию ассимиляционной поверхности, стимуляции газообмена, увеличению нетто-ассимиляции и продуктивности. В условиях ограниченного водообеспечения высокий фон питания в большей степени, чем низкий, способствовал развитию адаптивных реакций и реализации репарационных возможностей и зерновой продуктивности, что приводило к меньшей его депрессии. Сорт Московский 2 с низкой метаболической активностью был менее продуктивен и менее устойчив.

Литература

1. Магомедов Н.Р., Абдуллаев А.А., Бабаев Т.Т., Абдуллаев Ж.Н., Караева Л.Ю. Фотосинтетическая деятельность сортов озимой пшеницы в

технологиях разных уровней интенсивности// Проблемы развития АПК региона – 2024. – № 2 (58). – С. 69-74.

2. Самсонова Н.Е., Титенок А.А. Особенности удобрения пивоваренного ячменя. В сборнике: Современные экологически устойчивые технологии и системы сельскохозяйственного производства. Сборник материалов международной научной конференции. – Смоленск, 2021. – С. 116-119.

3. Журбицкий З.И. Физиологические и агрохимические основы применения удобрений. – М, 1963. – 293 с.

4. Ростова З.П. Рост и дифференциация органов растений (Апикальное нарастание и органогенез). – М.: Изд-во Моск. Ун-та, 1984. – 153 с.

5. Тооминг Х.Г. Экологические принципы максимальной продуктивности посевов. – Л.: Гидрометеониздат, 1984. – 264 с.

6. Осипова Л.В., Любунь Е.В., Курносова Т.Л., Быковская И.А., Федорова Е.А., Ильченко К.Ю. Содержание биофильных элементов в зерне ячменя в зависимости от уровня питания и предобработки салициловой кислотой // Плодородие. – 2023. – № 4 (139). – С. 84-89.

7. Осипова Л.В., Курносова Т.Л., Быковская И.А. Влияние минерального питания на физиолого-биохимические параметры яровой пшеницы в критический период развития // Плодородие. – 2023. – № 6 (135). – С. 42-46.

8. Самохина В.В., Мацкевич В.С., Гриусевич П.В., Змитрович И.В., Соколик А.И., Демидчик В.В. Транспортные системы, ответственные за выход калия из клеток высших растений: строение, регуляция и функции // В книге: X Съезд общества физиологов растений России "Биология растений в эпоху глобальных изменений климата". Всероссийская научная конференция с международным участием: тезисы докладов. – Уфа, 2023. – С. 316.

9. Гриусевич П.В., Самохина В.В., Демидчик В.В. Стресс-индуцируемая потеря электролитов клетками корня высших растений: история вопроса, механизм и физиологическая роль// Экспериментальная биология и биотехнология. – 2022. – №3. – С. 14-25.

THE EFFECT OF MINERAL NUTRITION ON THE PECULIARITIES OF ADAPTATION OF BARLEY VARIETIES TO SOIL DROUGHT

I.A. Bykovskaya, L.V. Osipova, T.L. Kurnosova,
All-Russian Research Institute of Agrochemistry named after D.N. Pryanishnikov"
(All-Russian Research Institute of Agrochemistry)
12755, Russia, Moscow, Pryanishnikova str., 31A, E-mail: legos4@yandex.ru

The results of studies on the influence of the provision of basic elements of mineral nutrition on the physiological and biochemical parameters of two varieties of spring barley, under optimal cultivation conditions and under the influence of increasing soil drought, are presented. The peculiarities of adaptation of varieties by changing the parameters of growth, gas exchange, exosmosis of electrolytes and photosynthetic pigments are shown. It has been established that the variety-specificity of stress reactions depends on the availability of mineral nutrition.

Key words: adaptation, barley, varieties, drought.

УДК 633.26/29

DOI: 10.25680/S19948603.2024.141.09

ДИНАМИКА АГРОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ ПОД БОБОВО-ЗЛАКОВЫМИ АГРОФИТОЦЕНОЗАМИ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЯЮЩЕГОСЯ КЛИМАТА

С.М. Авдеев¹, к.с.-х.н., А.В. Жевнеров², к.х.н., А.Р. Тяжкороб², Д.Ю. Осин², П.С. Ильин²,
А.Г. Черноок¹, к.б.н., Г.И. Карлов¹, д.б.н., М.Г. Дивашук^{1,2}, к.б.н.

¹ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной биотехнологии»
127550, Москва, ул. Тимирязевская, 42, E-mail: avdeevbio@yandex.ru

²ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»
127550, Москва, ул. Тимирязевская, 49

Исследование выполнено при поддержке Министерства науки и высшего образования
Российской Федерации № государственного задания FGUM-2024-0002

Рассматривается динамика показателей почвенного плодородия после долготелетнего выращивания бобово-злаковых травосмесей на основе люцерны изменчивой сортов Пастбищная 88 и Вега 87, а также сортов клевера лугового и ползучего за 1996-2022 г. Показано, что по истечении 23 лет исследования многолетние травы благоприятно влияли на плодородие почвы. Так, содержание N_{общ} после 23-летнего отчуждения надземной массы на делянках, где изучали злаки с сортами люцерны изменчивой увеличилось с 0,20% (1996 г.) до 0,33-0,35 %. Показатели гумуса (0-