

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ БИОПРЕПАРАТОВ НА ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЕ

А.А. Алферов, к.с.-х.н., ВНИИА

Установлена связь, на основании обобщения большого объема экспериментального материала, между агрохимическими свойствами дерново-подзолистой почвы, погодными условиями вегетации и эффективностью биопрепаратов на яровой пшенице. Разработана стохастическая малокомпонентная модель прогноза прибавки урожайности зерна яровой пшеницы при ее инокуляции микробными препаратами на основе ризосферных ассоциативных diaзотрофов. Использование модели позволит оценить эффективность применения биопрепаратов в зависимости от содержания гумуса в почве, реакции почвенного раствора и метеорологических условий вегетационного периода.

Ключевые слова: биопрепараты, ризосферные ассоциативные микроорганизмы, прибавка урожайности зерна, яровая пшеница, гумус, реакция почвенной среды, ГТК.

Необходимой основой развития сельского хозяйства России в XXI в. является создание устойчивого потенциала земледелия, связанного с освоением агротехнологий сельскохозяйственных культур, обеспечивающих получение растениеводческой продукции заданных объема и качества. Решение этой задачи возможно только при оптимальном использовании необходимого количества ресурсов, среди которых значительная роль принадлежит снабжению культурных растений элементами питания [1].

В последние 20 лет в Российской Федерации резко сократилось использование минеральных удобрений, что привело к снижению урожайности и качества продукции сельскохозяйственных культур [2]. Применяемые объемы удобрений не обеспечивают возмещения отчуждаемых с урожаем элементов питания и не поддерживают плодородие почв. В связи с этим ведется поиск дополнительных источников, обеспечивающих воспроизводство плодородия почв и удовлетворение потребностей сельскохозяйственных культур в элементах питания.

Дополнительным источником элементов питания для растений может быть азот биологический, фиксированный в посевах бобовых и небобовых культур симбиотическими и ассоциативными diaзотрофами. Российскими учеными созданы биопрепараты, стимулирующие этот процесс и обеспечивающие повышение урожайности сельскохозяйственных культур [3-5]. Вместе с тем, проведенные полевые опыты с биопрепаратами на яровой пшенице в Нечерноземной зоне России показали, что прибавка урожайности зерна существенно варьирует – от 0 до 9,1 ц/га [1, 6-9]. Следует отметить, что на эффективность препаратов ассоциативных diaзотрофов влияют агрохимические свойства почвы [10, 11] и метеорологические условия вегетационного периода [7, 12]. При оценке роли факторов почвенного плодородия и погодных условий в продукционных процессах необходим учет их взаимодействия, так как именно комплексное влияние функциональных характеристик в значительной мере определяет формирование урожая той или иной величины [13, 14].

Объективное представление о действии и взаимодействии комплекса агрохимических свойств почвы, биопрепаратов и погодных условий на результативный признак возможно получить используя математическое моделирование. Оно позволяет оценить наиболее перспективные комбинации сочетания агрохимических свойств почвы и метеорологических условий для получения максимального прироста урожайности яровой пшеницы.

Цель исследований – определить эффективность биологических препаратов на основе ризосферных ассоциативных микроорганизмов (ризогрин, флавобактерин, азоризин) на яровой пшенице в зависимости от агрохимических свойств дерново-подзолистых почв и погодных условий вегетационного периода.

Методика. Для решения поставленной задачи в качестве исходного материала использовали результаты полевых опытов, проведенных научными организациями (ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии, ВНИИ агрохимии имени Д.Н. Прянишникова, Агрохимическая служба России), схема которых позволяла выделить действие биопрепаратов на фоне внесения фосфорно-калийных удобрений: 1. $P_{30-60}K_{60-90}$ (фон), 2. Фон + N_{30} , 3. Фон + биопрепарат, 4. Фон + N_{30} + биопрепарат. В представленной работе проанализированы и обобщены результаты полевых опытов с инокуляцией биопрепаратами зерна яровой пшеницы на дерново-подзолистой почве европейской части России (Брянская, Вологодская, Ивановская, Кировская, Московская области, Республики Марий Эл и Удмуртия) (табл. 1).

1. Характеристика выборки

№ п/п	Показатель	Число наблюдений, <i>n</i>	Интервалы значений
1	Гумус, %	47	1,2–2,8
2	pH _{ксл}	47	4,6–6,7
3	ГТК (май)	47	0,6–2,5
4	ГТК (июнь)	47	0,3–2,8
5	ГТК (июль)	47	0,1–2,3
6	ГТК (май-июнь)	47	0,5–2,4
7	ГТК (май-июль)	47	0,3–1,9
8	ГТК (вегетационный период)	47	0,5–1,9
9	Прибавка урожайности зерна от биопрепаратов на фоне РК, ц/га	47	-0,5–9,1

В анализе использовали экспериментальные данные о прибавках урожайности пшеницы и такого же количества изменений величин каждого изучаемого фактора: гумуса (по Тюрину), показателей реакции почвенной среды, метеорологических условий вегетации – суммы осадков и температура воздуха, и применения препаратов на основе ризосферных ассоциативных микроорганизмов. Расчет гидротермического коэффициента по Г.Т. Селянинову определяли как отношение суммы осадков (0) за период со среднесуточными температурами воздуха выше 10°C к сумме температур ($\sum t$) за это же время, уменьшенной в 10 раз, т.е. $ГТК = 0/0,1\sum t$.

Влияние изучаемых факторов на изменчивость результативного признака оценивали коэффициентом корреляции (r) и корреляционным отношением (η_{yx}). По коэффициенту детерминации (d_{yx}) и индексу детерминации (η_{yx}^2) оценивали долю изменчивости прибавки урожайности зерна, которая определяется изменениями изученных факторов. Выбор формы корреляции для описания связи между изучаемыми признаками осуществляли по

критерию линейности корреляции (F) при уровне значимости (t) [15, 16].

Результаты и их обсуждение. Результаты анализа корреляционных связей в системе почва – погодные условия – растения – биопрепараты показали, что влияние того или иного фактора на изменчивость прибавки урожайности зерна яровой пшеницы различно (табл. 2).

2. Статистические характеристики связи прибавки урожайности зерна яровой пшеницы от инокуляции биопрепаратами с агрохимическими свойствами дерново-подзолистого почвы

Аргумент системы	Линейная корреляция			Криволинейная корреляция			Значимость критерия линейности корреляции	
	коэффициенты		уровень значимости	корреляционное отношение, η_{yx}	индекс детерминации η_{yx}^2	уровень значимости	F _ф F _т (0,05)	
	корреляции r	детерминации d						
Гумус, %	0,56	0,32	0,05	0,70	0,49	0,05	7,29	3,21
pH _{KCl}	0,53	0,28	0,05	0,68	0,46	0,05	4,54	2,82
ГТК (май)	-0,26*	0,07	0,05	0,65	0,42	0,05	8,47	2,82
ГТК (июнь)	0,12*	0,01	0,05	0,27**	0,07	0,05	1,37	3,21
ГТК (июль)	-0,19*	0,04	0,05	0,31	0,10	0,05	1,48	3,21
ГТК (май-июль)	-0,09*	0,01	0,05	0,22**	0,05	0,05	0,90	3,21
ГТК (май-июль)	-0,20*	0,04	0,05	0,30	0,09	0,05	1,23	3,21
ГТК (вегет. пер.)	-0,25*	0,06	0,05	0,44	0,20	0,05	3,60	3,21

*Значение коэффициента корреляции незначительно при уровне значимости 0,05 (значение критерия $t_{\phi} < t_{0,05}$).

**Значение корреляционного отношения незначительно при уровне значимости 0,05, (значение критерия $\eta_{\phi} < \eta_{0,05}$).

Влияние вариации степени обеспеченности гумусом дерново-подзолистого почвы на эффективность применения биологических препаратов на основе ризосферных ассоциативных микроорганизмов при возделывании яровой пшеницы по показателям линейной корреляции характеризовалось как среднее по тесноте ($r = 0,56$). Вместе с тем, корреляционное отношение (η_{yx}) по результатам анализа составило 0,70, что характеризует связь как сильную по тесноте. Учитывая критерий линейности корреляции, необходимо отметить, что этой связи свойственен нелинейный характер ($F_{\phi} > F_{\tau}$) и зависимость описывается уравнением вида параболы: $Y = ax^2 + bx + c$. Изменчивость прибавки урожайности яровой пшеницы в зависимости от степени кислотности почвы проявлялась как криволинейная по форме ($\eta_{yx} = 0,68$) при 5%-ном уровне значимости, средняя по тесноте и выражалась таким же уравнением. Приоритет криволинейности подтвержден критерием линейности ($F_{\phi} > F_{\tau}$).

Яровая пшеница имеет менее развитую корневую систему по сравнению с другими злаковыми культурами, поэтому благоприятные водный и температурный режимы важны для формирования высоких урожаев зерна [17]. Оценка влияния метеорологических условий возделывания сельскохозяйственных культур по гидротермическому коэффициенту позволяет прогнозировать эффективность микробных препаратов. Расчеты корреляционных связей ГТК за разные периоды вегетации с прибавкой зерна от инокуляции биопрепаратов можно охарактеризовать в основном как слабые по тесноте. При оценке зависимости по индексу детерминации отмечен незначительный размах изменений величин этого показателя: 0,01-0,07. Определение корреляционного отношения для разных значений ГТК показало, что только с метеорологическими условиями мая отмечается средняя по тесноте связь. Изменчивость прибавки урожайности зерна яровой пшеницы при инокуляции биопрепаратами от ГТК (май) проявлялась как криволинейная по форме ($\eta_{yx} = 0,65$) при 5%-ном уровне значимости. Зависимость величины прибавки урожайности

от ГТК (май) можно описать приведенным ранее уравнением вида параболы.

Расчёты, характеризующие относительный и количественный вклад каждого фактора в формирование прибавки урожайности зерна яровой пшеницы в зависимости от гумуса, pH_{KCl} и ГТК, приведены в таблице 3. Наибольший вклад в формирование прибавки урожайности пшеницы оказывают содержание гумуса (36%) и pH_{KCl} (34%), менее значительный, но достоверный при 5%-ном уровне значимости – ГТК за май (30%).

3. Факторы модели и их вклад в формирование прибавки урожайности зерна яровой пшеницы на дерново-подзолистых почвах Нечерноземной зоны центральных районов России

Факторы	η_{yx}^2	Относительный вклад, %	Прибавка урожая зерна*	Количественный вклад факторов
				ц/га
Гумус, %	0,49	36	3,0	1,1
pH _{KCl}	0,46	34		1,0
ГТК (май)	0,42	30		0,9
Σ	1,37	100		3,0

*Прибавка урожая рассчитана как среднее арифметическое по выборке.

Выявленные особенности корреляционных связей использованы как теоретическое обоснование для корректного описания количественной изменчивости прибавки урожайности яровой пшеницы от инокуляции биопрепаратами под влиянием агрохимических факторов почвенного плодородия и метеорологических условий. Корректный прогноз изменчивости прибавки урожайности в общем виде можно представить как аппроксимационный алгоритм в следующей алгебраической форме [14]:

$$Y = (a_1x_1^2 + b_1x_1 + c_1) + (a_2x_2^2 + b_2x_2 + c_2) + (a_3x_3^2 + b_3x_3 + c_3),$$

где x_1 – содержание гумуса, x_2 – pH_{KCl}, x_3 – ГТК (май), $a_1, a_2, a_3, b_1, b_2, b_3, c_1, c_2, c_3$, – коэффициенты уравнения, c_1, c_2, c_3 , – свободные члены.

Результаты расчетов прогноза (табл. 4) показали, что увеличение содержания гумуса в почве с 1,5 до 2,7 %

сопровождалось ростом прибавки урожайности яровой пшеницы. Наибольшая прибавка урожая зерна от ино-

куляции препаратами ризосферных ассоциативных диатрофов отмечена при содержании гумуса 2,5-2,7%.

4. Прогноз прибавки урожайности яровой пшеницы от инокуляции биопрепаратами, ц/га

Гумус	рН _{KCl}	Урожай- ность (РК фон), ц/га	ГТК (май)					
			0,7-1,0	1,01-1,3	1,31-1,8	1,81-2,0	2,01-2,4	2,41-2,5
<1,5	<5,0	5,0	1,2	1,3	1,2	1,1	1,0	0,5
	5,0-5,5	7,5	1,4	1,5	1,4	1,3	1,2	0,7
	5,6-6,0	9,8	1,6	1,7	1,6	1,5	1,4	0,9
	6,1-6,5	11,1	1,9	2,0	1,9	1,8	1,7	1,2
	6,6-6,7	14,5	2,0	2,1	2,1	2,0	1,8	1,4
1,5-2,0	<5,0	7,1	1,3	1,4	1,4	1,2	1,1	0,6
	5,0-5,5	11,3	1,5	1,6	1,5	1,4	1,3	0,8
	5,6-6,0	14,9	1,7	1,8	1,8	1,6	1,5	1,0
	6,1-6,5	16,9	2,0	2,1	2,1	1,9	1,8	1,3
	6,6-6,7	18,2	2,2	2,2	2,2	2,1	1,9	1,5
2,01-2,5	<5,0	10,8	1,8	1,9	1,8	1,7	1,6	1,1
	5,0-5,5	12,4	2,0	2,1	2,0	1,9	1,7	1,3
	5,6-6,0	17,8	2,2	2,3	2,2	2,1	2,0	1,5
	6,1-6,5	22,7	2,5	2,6	2,5	2,4	2,3	1,8
	6,6-6,7	23,6	2,6	2,7	2,7	2,5	2,4	2,0
2,51-2,7	<5,0	11,8	2,1	2,2	2,1	2,0	1,9	1,4
	5,0-5,5	14,1	2,3	2,3	2,3	2,2	2,0	1,6
	5,6-6,0	18,7	2,5	2,6	2,5	2,4	2,3	1,8
	6,1-6,5	23,4	2,8	2,9	2,8	2,7	2,6	2,1
	6,6-6,7	24,1	2,9	3,0	2,9	2,8	2,7	2,2

Максимальная эффективность от применения биопрепаратов на яровой пшенице получена при нейтральной реакции почвенной среды (рН_{KCl} 6,5-6,7). С ростом кислотности почвы до 4,9 прибавка зерна снижается.

Расчет влияния метеорологических условий мая на действие биопрепаратов в представленной модели показал, что наибольшие прибавки урожайности зерна яровой пшеницы при оптимальном увлажнении (ГТК =1,0-1,3). В засушливые годы (ГТК за май <0,8) или при избыточном увлажнении (ГТК >1,8) эффективность микробных биопрепаратов снижается. Следует отметить, что при значительном увлажнении (ГТК за май >2,4) эффект от инокуляции яровой пшеницы препаратами ассоциативных диатрофов снижается наиболее существенно (на 60%).

Заключение. Обобщение и статистическая обработка результатов многочисленных полевых опытов позволили выявить влияние комплекса агрохимических свойств почвы и погодных условий на эффективность биопрепаратов на основе ассоциативных диатрофов, применяемых на яровой пшенице, установить форму и оценить тесноту связи между содержанием гумуса, степенью кислотности почвы и ГТК.

Результаты корреляционного анализа экспериментальных данных показали, что величина прибавки урожайности зерна яровой пшеницы от инокуляции биопрепаратами наиболее тесно связана с содержанием гумуса, величиной рН_{KCl} и значением гидротермического коэффициента в мае. Связь между значениями ГТК за июнь, июль, май-июнь, май-июль, вегетационный период и прибавкой урожайности оказалась несущественной ($t_{\phi} < t_{\tau}$).

Установлено, что наибольшую прибавку урожайности зерна яровой пшеницы от инокуляции биопрепаратами (3 ц/га) можно получить при содержании гумуса 2,5-2,7%, нейтральной реакции почвенной среды (рН_{KCl} 6,5-6,7) и оптимальном увлажнении в мае (ГТК =1,0-1,3). При недостатке влаги (ГТК за май <0,8) или избыточном увлажнении (ГТК за май >1,8) эффективность

препаратов на основе ризосферных ассоциативных диатрофов снижается.

Литература

1. Завалин А.А. Биопрепараты, удобрения и урожай. – М.: Изд-во ВНИИА, 2005. – 302 с. 2. Кирюшин В.И. Экологизация земледелия и технологическая политика. – М.: Изд-во МСХА, 2000. – 473 с. 3. Тихонович И.А., Кожемяков А.П., Чебетарь В.К., Круглов Ю.В., Кандыбин Н.В., Лантес Г.Ю. Биопрепараты в сельском хозяйстве. (Методология и практика применения микроорганизмов в растениеводстве и кормопроизводстве). – М., 2005. – 154 с. 4. Завалин А.А. Оптимизация минерального питания и продуктивности растений при использовании биопрепаратов и удобрений // Достижения науки и техники АПК. – 2015. – Т. 29. – № 5. – С. 26–28. 5. Кожемяков А.П., Хотянович А.В. Перспективы применения биопрепаратов ассоциативных азотфиксирующих микроорганизмов в сельском хозяйстве // Бюллетень ВИАУ. – 1997. – №110. – С. 4-5. 6. Бердников В.В. Влияние удобрений и биопрепаратов на продуктивность яровой пшеницы в условиях республики Марий Эл: дис.... канд. с.-х. наук: 06.01.04 / В.В. Бердников – Йошкар-Ола, 2002. – 163 с. 7. Виноградова Л.В. Роль ассоциативных диатрофов в формировании урожая сортов яровой пшеницы: автореферат дис. ... канд. биол. наук/ Л.В. Виноградова – М., 1999. – 17 с. 8. Горячкин Н.В. Формирование продуктивности яровой пшеницы на фоне разных предшественников и применения удобрений в условиях северо-востока Волго-Вятского региона: автореферат дис. ... канд. с.-х. наук/ Н.В. Горячкин – М., 2013. – 23 с. 9. Лекомцев П.В. Влияние уровня азотного питания и биопрепаратов на формирование продуктивности яровой пшеницы и гороха в чистых и смешанных посевах: автореферат дис. ... канд. биол. наук/ П.В. Лекомцев – М., 2002. – 23 с. 10. Сологуб Д.Б. Эффективность применения ризосферных диатрофов под зерновые в зависимости от содержания органического вещества в почве: автореферат дис. ... канд. биол. наук/ Д.Б. Сологуб – М., 2005. – 23 с. 11. Тихонович И.А., Завалин А.А., Благовещенская Г.Г., Кожемяков А.П. Использование биопрепаратов – дополнительный источник элементов питания растений // Плодородие. – 2011. – № 3. – С. 9–13. 12. Сергалиев Н.Х. Влияние условий азотного питания и физиологически активных веществ на формирование величины и качества урожая зерна яровой пшеницы: автореферат дис. ... канд. биол. наук: 06.01.04. / Н.Х. Сергалиев – М., 1998. – 17 с. 13. Шафран С.А., Прошкин В.А. Влияние агрохимических свойств почв Центрального района на урожайность зерновых культур // Агрохимия. – 2008. – № 7. – С. 1–9. 14. Прошкин В.А. Моделирование эффективности минеральных удобрений по показателям агрохимических свойств почв // Агрохимия. – 2012. – № 7. – С. 16–27. 15. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с. 16. Прошкин В.А., Адрианов С.Н., Шаброва Е.В. Модель прогноза прибавки урожайности озимой пшеницы при применении фосфорных удобрений // Агрохимия. – 2011. – № 6. – С. 19–26. 17. Бараев А.И. Яровая пшеница. – М.: Колос, 1978. – 429 с.

A large body of experimental data has been generalized, and a relationship between the agrochemical properties of soddy-podzolic soils, the weather conditions of vegetation, and the efficiency of biopreparations for spring wheat has been revealed. A stochastic few-component model has been developed for predicting the gain in yield of spring wheat grain after inoculation with microbial preparations based on rhizosphere-associative diazotrophs. The model can estimate the efficiency of the biopreparation depending on the content of humus in the soil, soil solution reaction, and meteorological conditions of the vegetation period.

Keywords: biopreparations, rhizosphere-associative diazotrophs, grain yield gain, spring wheat, humus, soil solution reaction, hydrothermal coefficient.

УДК

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ НОВЫХ ФОРМ МИКРОУДОБРЕНИЙ В ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ КАРТОФЕЛЯ

А.Ю. Шатохин, О.А. Шаповал, д.с.-х.н., ВНИИА

Показано, что применение новых форм микроудобрений при обработке клубней перед посадкой и вегетирующих растений двукратно (в фазах полных всходов и бутонизации) способствовало повышению урожайности и выхода товарного картофеля. Наиболее высокие результаты получены при применении удобрений на основе аминокислот (расход при обработке клубней – 1,0 и 0,5 л/т, при обработке растений – 3,0 и 1,5 л/га соответственно) и комплекса аминокислот и микроэлементов (1,0 л/т и 3,0 л/га). Прибавка урожая составила 31,6, 27,9 и 24,2 %, при урожайности на контроле 19,0 т/га. Выход крупной фракции (> 80 г) картофеля в указанных вариантах возрос на 68,6, 49,0 и 29,4 %.

Ключевые слова: комплекс, микроудобрения, аминокислоты, картофель, урожайность, товарность.

В Астраханской области более 360 тыс. га посевных площадей, из них свыше 10 тыс. га используется под картофель. Рост посевных площадей и наращивание производства картофеля начались в начале 90-х годов. Если по Российской Федерации площади под картофель сокращаются, то в Астраханской области наблюдается тенденция к росту. Основное производство сельскохозяйственной продукции осуществляется на орошаемых землях. Капельное орошение имеет почти универсальное применение, в частности там, где другие способы полива использовать невозможно или неэффективно, и наблюдается недостаток воды. Прибавка урожая при капельном орошении в сравнении с дождеванием достигает на овощных культурах 50-80% и более, при этом созревание овощей происходит на 5-10 дней раньше обычного срока.

В целях увеличения производства картофеля большое внимание уделяют как поиску новых технологий, форм удобрений так и требованиям к их применению.

Кроме основных элементов, для роста растений картофеля необходим целый ряд микроэлементов. Микроэлементы входят в состав важнейших физиологически активных веществ; участвуют в процессах синтеза белков, углеводов, витаминов; повышают устойчивость к неблагоприятным факторам атмосферной и почвенной засухи, пониженным и повышенным температурам, поражению вредителями и болезнями.

В мировой практике все больше внимания уделяют хелатным формам макро- и микроудобрений. Разработан ряд новых форм одно- и многокомпонентных микроудобрений

в хелатной и органоминеральной форме, эффективность которых существенно выше, чем простых солей микроэлементов. В последнее время стали производить многокомпонентные микроудобрения, эффективность которых недостаточно изучена.

В последние годы появилось новое поколение удобрений для некорневой подкормки – жидкие биостимулирующие удобрения на основе аминокислот. Они различаются по исходному сырью: животного или растительного происхождения, способу извлечения аминокислот и составу макро- и микроэлементов.

Аминокислоты участвуют в биосинтезе белков и ферментов, поддерживают водный баланс клеток, стимулируют процесс фотосинтеза. Действие аминокислот стимулирует метаболизм растений. В результате более развитое, здоровое растение имеет повышенную стрессоустойчивость. Кроме того, использование аминокислот способствует лучшему усвоению растениями питательных элементов, в том числе из почвы.

Наши исследования направлены на изучение возможности использования инновационных удобрений на основе аминокислот и комплекса аминокислот с микроэлементами на картофеле при капельном орошении в условиях Астраханской области.

Цель исследований – установить влияние составов и доз новых форм микроудобрений на урожайность и товарность картофеля, выращиваемого с использованием капельного полива в условиях Астраханской области.

Методика. Полевые опыты по теме исследований закладывали на участке ИП КФХ «Прелов А.А.» в п. Верхне-Калиново Камызякского района Астраханской области. Учетная площадь делянки – 22,4 м², повторность трехкратная. Объект исследования – раннеспелый сорт картофеля Ред Скарлетт. Схема посадки 140 × 30 см. Посадку картофеля проводили 29 марта 2016 г., уборку – 23 июня 2016 г.

Климатические условия района характеризуют его как зону повышенного риска: лето жаркое и засушливое, зима – малоснежная. Самая высокая средняя температура (34–37 °С) в июле. Уборку исследуемого сорта проводили в июне.

Почвы опытного участка – аллювиальные луговые среднесуглинистые, с низким содержанием гумуса (1,27 %), уровнем рН, близким к нейтральному (рН 7,2).