

ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ И АГРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЧЕРНОЗЕМОВ ВЫЩЕЛОЧЕННЫХ НА УРОЖАЙНОСТЬ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ

С.А. Шафран д.с.-х.н., ВНИИА, В.А. Минакова, д.с.-х. н., ВНИИСС, И.В. Ильюшенко, ВНИИА, Л.В. Александрова, ВНИИСС

Приведены обобщенные результаты длительного полевого опыта и краткосрочных экспериментов, в которых установлено комплексное влияние содержания различных форм азота в выщелоченных черноземах и подвижного фосфора на урожайность сахарной свеклы, на эффективность применения под нее минеральных удобрений и их окупаемость прибавкой урожая.

Ключевые слова: сахарная свекла, чернозем выщелоченный, агрохимические свойства, азотные удобрения.

Сахарная свекла требовательна к условиям минерального питания и занимает одно из первых мест среди полевых культур по потреблению и выносу питательных веществ. В связи с этим, она хорошо отзывается на применение удобрений и изменение агрохимических свойств почв. В лесостепной зоне Средне-Русской провинции долевое участие минеральных удобрений в формировании урожая составляет 33 % [1]. За счет повышения содержания питательных веществ в черноземах выщелоченных урожайность сахарной свеклы без внесения удобрений возрастала на 31-83 ц/га, в черноземах типичных - на 45-60, в черноземах обыкновенных – на 20 ц/га [2]. Такие данные получены без выделения каждого из агрохимических свойств, которые участвовали в продукционном процессе, а сравнивались эти показатели в совокупности, что не позволило оценить вклад каждого из них в формирование урожая. Данное обстоятельство вызывает интерес к проведению исследований по изучению влияния агрохимических свойств на урожайность сахарной свеклы и эффективность применения под нее минеральных удобрений как отдельно каждого из этих свойств, так и во взаимосвязи друг с другом в единой системе. Подобная работа была выполнена с зерновыми культурами и картофелем [3, 4].

Методика. Исследования проводили с помощью обобщения экспериментальных данных, полученных в длительном и краткосрочных полевых опытах. Длительный полевой опыт, заложенный на выщелоченном черноземе в 1936 г. проводил ВНИИСС им. А.Л. Мазлумова. В нем, наряду с учетом урожая, ежегодно определяли агрохимические свойства почвы по вариантам опыта. Кроме того, обобщали краткосрочные опыты агрохимической службы, где в схеме предусматривалось изучение эффективности азотных, фосфорных и калийных удобрений. Также опыты были проведены на выщелоченных черноземах Центрально-Черноземной зоны. При формировании выборки обязательным условием было наличие сопряженных данных по урожайности и агрохимическим показателям по вариантам опыта.

Для обобщения и обработки экспериментальных данных использовали метод математического моделирования, который применяли при разработке моделей для зерновых культур и картофеля. Для установления зависимости между агрохимическими свойствами почв, урожайностью сахарной свеклы и эффективностью минеральных удобрений проводили статистическую обработку данных с определением коэффициента корреляции и корреляционных отношений. Это позволило установить тесноту связи между изучаемыми факторами и выявить наиболее значимые. На основании установленных связей делали соответствующие расчеты.

Результаты и их обсуждение. Результаты исследований показали, что агрохимические свойства почвы в длительном полевом опыте значительно варьировали как по годам, так и по вариантам опыта. Содержание нитратного азота в слое 0-20 см колебалось в варианте без удобрений от 6,6 до 19,3

мг/кг, в варианте N₉₀ P₄₅K₄₅ от 9,1 до 67,7 мг /кг. Разница в степени обеспеченности почвы подвижным фосфором была менее выраженной, но все-таки достаточно заметной. На контроле самое низкое содержание P₂O₅ составляло 78 мг/кг, а наиболее высокое 156 мг/кг. При внесении N₉₀ P₉₀K₉₀ эти показатели изменялись в пределах 89-175 мг/кг. Аналогичные данные получены и по содержанию подвижного калия.

В соответствии с этим изменялась урожайность сахарной свеклы. Статистическая обработка показала, что связь между содержанием нитратного азота и урожайностью сахарной свеклы в зависимости от варианта была линейной или криволинейной по форме, средней и сильной по тесноте и достоверной при уровнях значимости 0,1-0,001 (табл.1). Содержание подвижного фосфора также значимо коррелировало с урожайностью сахарной свеклы. Вклад данного фактора в изменчивость урожайности составил 42-47 %. Содержание подвижного калия в почве в меньшей степени повлияло на величину урожайности. В контрольном варианте связь была линейной, поскольку в данном случае критерий криволинейности отвергается вследствие превышения F_т над F_ф. Коэффициент корреляции 0,2 свидетельствует о слабой тесноте связи между изучаемыми показателями. В вариантах с применением удобрений связь по той же причине оказалась линейной. Коэффициенты корреляции составляли 0,46; 0,19 и 0,39, что говорит о слабой и средней зависимости между изучаемыми показателями.

Аналогичная обработка данных проведена по краткосрочным опытам, но в отличие от длительного опыта это касалось только контрольного варианта. Урожайность с применением удобрений вычисляли по прибавкам, полученным от внесения азотных, фосфорных и калийных удобрений. В краткосрочных опытах азот определяли в почве методами Корнфильда и Кельдаля. Анализ почв на содержание подвижных форм фосфора и калия проводили в обоих случаях по методу Чирикова.

Результаты статистической обработки показали, что агрохимические свойства почв в краткосрочных опытах также весьма существенно влияли на урожайность сахарной свеклы. Содержание азота, независимо от метода определения, значимо коррелировало с величиной урожайности. Теснота связи характеризовалась для метода Корнфильда коэффициентом корреляции 0,37, для метода Кельдаля корреляционным отношением 0,44 при уровне значимости, соответственно, 0,001 и 0,001 (табл. 2). Степень обеспеченности почв подвижным фосфором оказывала заметное влияние на урожайность сахарной свеклы. Эта связь находилась в криволинейной зависимости. Корреляционное отношение при этом составило 0,38 при уровне значимости 0,001.

1. Связь между агрохимическими свойствами и урожайностью сахарной свеклы в длительном опыте (с 1936 по 2014 гг.)

Питательные вещества	Корреляция		Критерий
	Линейная	Криволинейная	
			линейности корреляции

	коэффициенты		уровень значимости	корреляционное отношение	индекс детерминации	уровень значимости	Fф	Fт
	корреляции	детерминации						

Без удобрений

NO ₃	0,47	0,22	0,050	0,44	0,19	0,100	-0,23	-
P ₂ O ₅	0,06	0,004	0,400	0,68	0,46	0,010	3,41	4,6
K ₂ O	0,2	0,04	0,400	0,46	0,21	0,100	0,72	4,6

N₉₀ P₉₀ K₉₀

NO ₃	0,71	0,5	0,001	0,67	0,45	0,010	-0,2	-
P ₂ O ₅	0,49	0,24	0,050	0,69	0,47	0,010	1,8	4,6
K ₂ O	0,19	0,04	0,400	0,42	0,17	0,200	0,94	5,9

2. Связь урожайности сахарной свеклы с агрохимическими свойствами чернозёмов выщелоченных

Питательные вещества	Корреляция						Критерий	
	Линейная			Криволинейная			линейность и корреляции	
	коэффициенты		уровень значимости	корреляционное отношение	индекс детерминации	уровень значимости	Fф	Fт
	корреляции	детерминации						
Гумус	-0,23	0,05	0,001	0,56	0,32	0,001	22,3	3
pH	-0,28	0,08	0,001	0,23	0,05	0,001	-	-
N _{корнфилд}	0,37	0,14	0,001	0,32	0,1	0,001	-	-
N _{Кьельдаль}	0,19	0,04	0,400	0,44	0,19	0,01	19,3	5,7
P ₂ O ₅	0,23	0,05	0,001	0,38	0,14	0,001	12,3	4,4
K ₂ O	0,2	0,04	0,001	0,36	0,13	0,001	4	5,7

Содержание подвижного калия практически не влияло на урожайность сахарной свеклы. В данном случае связь носила линейный характер, поскольку критерий криволинейности отвергается из-за того что Fт больше Fф. Коэффициент корреляции 0,2 свидетельствует о слабой зависимости, что подтверждается низким коэффициентом детерминации.

Таким образом, результаты статистической обработки материала показали, что значимым фактором, влияющим на урожайность сахарной свеклы является содержание азота (независимо от метода определения) и подвижного фосфора. Поэтому в модели урожайности были включены именно эти показатели, по которым были произведены дальнейшие

расчеты. Результаты исследований говорят о том, что урожайность сахарной свеклы в зависимости от указанных агрохимических свойств варьировала в широких пределах. Разница между самым низким и самым высоким содержанием питательных веществ составляла полуторную и двукратную величины, как в вариантах без удобрений, так и с их внесением (табл. 3-5). При этом в длительном и краткосрочных опытах выявлены идентичные закономерности.

3. Влияние содержания нитратного азота и подвижного фосфора в выщелоченном черноземе на эффективность применения минеральных удобрений под сахарную свеклу и ее урожайность, ц/га

Содержание нитритного азота, мг/кг	Содержание подвижного фосфора, мг/кг		
	51-100	101-150	151-200

Без удобрений

< 10	234	258	283
10-15	282	310	341
> 15	305	338	367

N₉₀ P₉₀₋₁₂₀ K₉₀

< 10	298	327	360
10-15	359	395	434
> 15	388	431	467

Прибавка урожая от удобрений

< 10	64	69	77
10-15	77	85	93
> 15	90	93	100

Окупаемость удобрений прибавкой урожая кг/кг

< 10	24	26	29
10-15	29	31	34
> 15	33	34	37

4. Влияние содержания щелочногидролизуемого азота и подвижного фосфора в выщелоченных черноземах на эффективность применения минеральных удобрений под сахарную свеклу и на ее урожайность, ц/га

Содержание азота (по Корнфилду), мг/кг	Содержание подвижного фосфора, мг/кг				
	< 50	51-100	101-150	151-200	>200

Без удобрений

< 100	143	178	196	204	226
-------	-----	-----	-----	-----	-----

101-150	146	198	218	228	252
151-200	192	224	245	257	283
> 200	206	240	263	277	305

N₉₀ P₉₀ K₉₀

< 100	209	262	288	300	332
101-150	250	291	320	335	370
151-200	282	329	361	378	416
> 200	303	352	387	407	448

Прибавка урожая от удобрений

< 100	66	89	92	96	106
101-150	104	93	102	107	118
151-200	90	105	116	121	133
> 200	97	112	124	136	143

Окупаемость удобрений прибавкой урожая кг/кг

< 100	24	33	34	36	39
101-150	39	34	38	40	44
151-200	33	39	43	45	49
> 200	36	42	46	50	53

С повышенным содержанием азота в почвах, независимо от метода определения, и подвижного фосфора увеличивалась урожайность сахарной свеклы. Переход почв от низкого содержания азота и фосфора к высокому способствовал значительному приросту урожая. Прибавка урожайности составила 133-162 ц/га в вариантах без удобрений. В тех случаях, когда применялись удобрения прибавка урожая увеличилась до 169-239 ц/га.

Эффективность применения минеральных удобрений возрастала по мере увеличения содержания подвижного фосфора в почвах. Такая закономерность наблюдалась во всех рассмотренных выборках. Более высокая прибавка отмечена в опытах агрохимической службы, что можно объяснить наличием в этих выборках более широкой амплитуды варьирования содержания P₂O₅ в почвах по сравнению с длительным опытом. Размах колебаний в краткосрочных опытах находился в пределах пяти классификационных групп: от низкой до очень высокой, тогда как в опыте ВНИИСС только от средней до высокой. Окупаемость минеральных удобрений прибавкой урожая подчинялась той же закономерности, т.е. с повышением содержания подвижного фосфора в почвах возрастала отдача от применения удобрений. В опытах агрохимической службы степень обеспеченности почв подвижным фосфором в большей мере оказывала влияние на окупаемость удобрений по сравнению с опытом ВНИИСС. При сравнении только трех классификационных групп (средней, повышенной и высокой) абсолютные величины различались незначительно.

5. Влияние общего азота и подвижного фосфора в выщелоченных черноземах на эффективность применения минеральных удобрений под сахарную свеклу и ее урожайность, ц/га

Содержание азота (по Кьельдалю), мг/кг	Содержание подвижного фосфора, мг/кг				
	< 50	51-100	101-150	151-200	>200

Без удобрений

< 2300	200	231	254	265	294
2300-2700	221	257	283	295	326
2701-3000	228	265	291	304	336
> 3000	241	280	308	322	356

N₉₀ P₉₀ K₉₀

< 2300	267	310	342	357	394
2300-2700	287	334	367	384	424
2701-3000	293	341	375	392	432
> 3000	302	351	386	403	445

Прибавка урожая от удобрений

< 2300	67	79	88	92	100
2300-2700	66	77	84	89	98
2701-3000	65	76	84	88	96
> 3000	61	71	78	81	89

Окупаемость удобрений прибавкой урожая кг/кг

< 2300	25	29	33	34	37
2300-2700	24	29	31	33	36
2701-3000	24	28	31	33	36
> 3000	23	26	29	30	33

Закключение. Результаты исследований показали, что наибольшее влияние на величину урожайности сахарной свеклы на выщелоченном чернозёме оказывает содержание азота в почве, независимо от метода его определения, и подвижного фосфора. Данная закономерность установлена в длительном полевом опыте и краткосрочных экспериментах. Прибавка урожая от NPK - удобрений в наибольшей степени зависела от обеспеченности почв подвижным фосфором. Одновременное увеличение содержания в почве азота и фосфора способствовало еще большему повышению урожайности

Литература

1. Державин Л.М. Применение удобрений в интенсивном земледелии. – М.: Колос, 1992.-272 с.
2. Нормативы оценки урожайности зерновых культур, сахарной свеклы, льна-долгунца, картофеля и эффективности удобрений на основных почвах России.- М.:ЦИНАО, 2000.-72 с.
3. Региональные нормативы окупаемости минеральных удобрений прибавкой урожая зерновых культур.- М.: ВНИИА, 2011.- 115 с.
4. Прогнозная оценка окупаемости минеральных удобрений прибавкой урожая картофеля в зависимости от агрохимических свойств почв.- М.: ВНИИА, 2014.-80 с.

EFFECT OF FERTILIZERS AND AGROCHEMICAL PROPERTIES OF LEACHED CHERNOZEMS ON THE YIELD OF SUGAR BEET

S.A. Shafran¹, V.A. Minakova², I.V. Ilyushenko¹, L.V. Aleksandrova²

¹Pryanishnikov All-Russian Scientific Research Institute of Agrochemistry, Russian Academy of Agricultural Sciences, ul. Pryanishnikova 31a, Moscow, 127550 Russia, E-mail: shafran38@mail.ru, ²All-Russian Research Institute of Sugar Beet, Ramon', Voronezh oblast, 396030 Russia

Generalized results of a long-term field experiment and short-term experiments are presented. An integral effect of the contents of different nitrogen forms and available phosphorus in leached chernozems on the yield of sugar beet, the efficiency of mineral fertilizers, and their recoupage by crop yield was revealed.

Keywords: sugar beet, leached chernozem, agrochemical properties, nitrogen fertilizers.