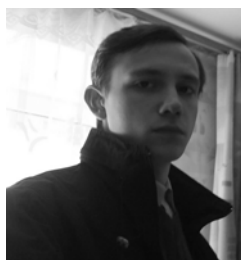


АГРОНОМИЯ



УДК 631.58:631.421.1

А.И. Беленков, А.Ю. Тюмаков, М.У. Сабо
A.I. Belenkov, A.Yu. Tyumakov, M.U. Sabo

ТОЧНОЕ (КООРДИНАТНОЕ) ЗЕМЛЕДЕЛИЕ В РГАУ – МСХА ИМЕНИ К.А. ТИМИРЯЗЕВА: РЕАЛЬНОСТЬ И ПЕРСПЕКТИВЫ

PRECISION (COORDINATE) AGRICULTURE THE RUSSIAN STATE AGRICULTURAL UNIVERSITY – TIMIRYAZEV MOSCOW AGRICULTURAL ACADEMY: REALITY AND PROSPECTS

Ключевые слова: точное земледелие, система GPS, автопилот, стыковые междурядья, пестрота почвенного плодородия, дифференцированное внесение удобрений и пестицидов, картирование урожая, электронные карты урожайности, озимая пшеница, ячмень.

Проведены исследования с целью внедрения, освоения и адаптации основных составляющих элементов точного земледелия в условиях Центра точного земледелия РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева применительно к Центральному району Нечерноземной зоны РФ. Оригинальность работы заключается в том, что на базе стационарного полевого опыта традиционное земледелие сравнивается с новой технологией, основанной на применении современной сельскохозяйственной техники, навигационного оборудования и программного обеспечения. К числу определяющих элементов технологии точного земледелия относится посев с использованием корректирующего навигационного оборудования, то есть автопилота. Установлено, что технология точного земледелия не только обеспечивает практически такую же урожайность зерновых культур, что и традиционная, но и позволяет создавать более качественную структуру посевов, экономить расход семян на 10-15%, проводить агротехнические мероприятия в различных условиях, в том числе и ночью, экономить расход минеральных удобрений и средств химической защиты растений на 15-20%. Лучшая конструкция ценозов зерновых культур формировалась при посеве с использованием автопилота. Подкормку озимой пшеницы целесообразно сочетать с предварительным определением плотности и густоты стеблестоя, основанным на сравнении показателей индекса NDVI. Урожайность озимой пшеницы и ячменя в меньшей степени зависела от технологии возделывания: на нее больше влияли обработка почвы и подкормки под первую культуру. В среднем за годы исследова-

ний на озимой пшенице урожайность равнялась 4,2-4,8 т/га, ячменя – 4,3-4,5 т/га.

Keywords: precision agriculture, Global Positioning System (GPS), autopilot system, sowing distance, soil fertility diversity, differentiated application of fertilizers and pesticides, yield mapping, yield electronic maps, winter wheat, barley.

The research was aimed at the implementation, development and adaptation of the basic constituent elements of precision agriculture in the Centre for Precision Agriculture of the Russian State Agricultural University – Timiryazev Moscow Agricultural Academy as applied to the Central Non-Chernozem (non-black soil) zone of Russia. The originality of the research lies in the fact that conventional agriculture is compared with a new technology based on the use of modern agricultural machinery, navigation equipment and software. Among the defining elements of precision agriculture is a sowing technology with the use of corrective navigation equipment, i.e. an autopilot system. It is found that the technology of precision agriculture ensures almost the same yields of cereal crops as the conventional technology does. It also allows creating a better cropping pattern, decreasing seed consumption by 10-15%, conducting agricultural operations under varying conditions, including at night, saving the consumption of mineral fertilizers and chemicals by 15-20% more. Better patterns of cereal crop cenosis are formed when sown using an autopilot systems. The fertilization of winter wheat should be combined with the determination of crop stand density based on NDVI comparison. The yields of winter wheat and barley were less dependent on the cultivation technology; a greater effect was produced by tillage and fertilization of the first crop. The average yields during the study years made as following: winter wheat – 4.2-4.8 t ha, and barley – 4.3-4.5 t ha.

Беленков Алексей Иванович, д.с.-х.н., проф., каф. земледелия и методики опытного дела, в.н.с. Научный центр точного земледелия, Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева. E-mail: belenokaleksis@mail.ru.

Тюмаков Александр Юрьевич, аспирант, каф. земледелия и методики опытного дела, Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева. E-mail: aleksandr.tyumakov@mail.ru.

Сабо Умар Мохаммед, аспирант, каф. земледелия и методики опытного дела, Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева. E-mail: musabo2000@yahoo.com.

Belenkov Alexey Ivanovich, Dr. Agr. Sci., Prof., Dept. of Agriculture and Experimental Design, Senior Staff Scientist, Scientific Center of Precision Agriculture, Russian State Agricultural University – Timiryazev Moscow Agricultural Academy. E-mail: belenokaleksis@mail.ru.

Tyumakov Aleksandr Yurevich, Post-Graduate Student, Russian State Agricultural University – Timiryazev Moscow Agricultural Academy. E-mail: aleksandr.tyumakov@mail.ru.

Sabo, Mohammed Umar, Post-Graduate Student, Russian State Agricultural University – Timiryazev Moscow Agricultural Academy. E-mail: musabo2000@yahoo.com.

Введение

В последние годы основной предпосылкой к быстрому развитию точного земледелия (ТЗ) явилось создание в конце 1970-х годов глобальных систем позиционирования, основанных на системе спутников, выведенных на околоземную орбиту в военных целях. Эта система позволяет круглосуточно определять координаты объектов в трехмерном пространстве в любой точке околоземного пространства с точностью до нескольких сантиметров, дифференцированно воздействовать на различные участки поля и растения [1, 2].

Первые операции ТЗ были осуществлены в 1988 г. на мобильном агрегате для смешивания и внесения минеральных удобрений, разработанном в США. При этом использовали карту применения удобрений, основанную на фотоснимках, мобильное средство позиционировали с помощью недостаточно эффективной в те годы системы GPS. Исследования были продолжены в 1990-е годы, т.к. в эти годы глобальные системы позиционирования стали более надежными и точными [3, 4].

Основу точного земледелия составляет дифференцированное выполнение операций, которое базируется на трех составляющих [5]:

1) определение координат агрегата на поле. Это может быть сделано при помощи радио-трилатерации или спутниковой навигации. Из последнего предпочтение отдается Дифференцированной Глобальной Системе Позиционирования (DGPS);

2) компьютеризированная база данных, аналогичная Географической Информационной Системе (ГИС), которая содержит всю информацию, необходимую для составления карт;

3) контролирующие элементы, при помощи которых осуществляются сельскохозяйственные операции в соответствии с электронной картой.

Цель – внедрение, освоение и адаптации основных составляющих элементов точного земледелия в условиях Центра точного земледелия РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева

применительно к Центральному району Нечерноземной зоны РФ. **Задачами** являются обоснование возможности использования и применения навигационного оборудования и его составляющих при посеве зерновых культур, проведении дифференцированного внесения удобрений в процессе подкормки посевов; оценка содержания элементов питания каждого участка поля с составлением электронных карт урожайности на отдельных опытных вариантах.

Объект и методы

В 2007 г. в РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева впервые в стране был создан научный Центр точного земледелия (ЦТЗ). Основу Центра представляет полевой опыт по сравнительному изучению точного и традиционного земледелия. В рамках четырехпольного зернопропашного севооборота викоовсяная смесь на корм – озимая пшеница с пожнивным посевом горчицы на сидерат – картофель – ячмень. Изучаются три фактора: технологии возделывания полевых культур (фактор А), приемы основной обработки почвы (фактор В), подкормка пшеницы аммиачной селитрой (фактор С) [1, 6].

Традиционная технология возделывания культур основана на использовании современной импортной техники германской фирмы «Amazone» с соблюдением рекомендуемых параметров и нормативных показателей их выполнения. Технология точного земледелия основана на использовании околоземной спутниковой системы GPS, с ее помощью корректируется выполнение отдельных агроприемов. Основная обработка почвы включают отвальную, минимальную и нулевую. Первая обработка проводится оборотным плугом Eur Oral на 20-22 см под все культуры, вторая – культиватором Pegasus на 12-14 см под картофель и ячмень. Вариант «нулевой» обработки предусмотрен под викоовсяную смесь и озимую пшеницу. В период вегетации озимой пшеницы в фазу весеннего кущения и колошения даются две подкормки аммиачной селитрой дозой

70 кг д.в./га на делянках традиционной технологии сплошным методом, по точной – дифференцированно.

Результаты и обсуждения

К числу определяющих элементов технологии точного земледелия относится посев с.-х. культур с использованием корректирующего навигационного оборудования, т.е. автопилота. В наших исследованиях посев зерновых культур (озимой пшеницы и ячменя) проводится в одном случае по автопилоту, в другом – по маркеру. При этом озимая пшеница и ячмень на отвальном фоне высеваются сеялкой точного посева Д-9-30 с применением системы GPS и маркера. По варианту нулевой (без обработки) и минимальной обработки почвы проводится посев пневматической сеялкой прямого посева ДМС-3 только с использованием автопилота. Маркер при работе этой сеялки использовать не удается в силу конструктивных и технических недоработок [1].

Результаты испытания различных сеялок, используемых в опыте, и способов посева с.-х. культур приведены в таблице 1.

За период исследований наблюдалась неодинаковая ширина стыковых междурядий между смежными проходами сеялок при посеве зерновых культур по маркеру и автопилоту. Так, расстояние между смежными проходами сеялки Д-9-30 на отвальном фоне при использовании маркера составило на озимой пшенице 16,8 см, ячмене – 15,2 см, т.е. отклонения, соответственно, равнялись +4,8 и 3,2 см. Постепенно несоответствия в прямолинейности нарастали, и через 100-150 м гона на отвальном фоне при применении маркера образовывался клин в форме равнобедренного треугольника с основанием 1-1,5 м, что существенно снижало качественные характеристики сева, повышало количество огрехов, увеличивая расход семян, в среднем на 10-15%. При посеве зерновых культур Д-9-30 по автопилоту с использованием навигационной спутниковой системы GPS средняя величина стыковых междурядий находилась в пределах 1,4-1,8 см, не выходя за нормы агротехнических требований к работе данного прибора к параметрам междурядий $\pm 2,5$ см. При посеве зерновых культур на нулевом и минимальном фонах сеялкой ДМС-3 ширина стыковых междурядий не выходила за пределы 1 см, составляя в среднем 0,1-0,4 см. Качество сева при этом улучшалось и оптимизировалось [6].

Слагаемым компонентом системы точного земледелия является внесение удобрений в зависимости от состояния культурных растений с применением специальных сканеров и сенсоров, корректирующих количество вносимых удобрений [7, 8]. В Центре точного

земледелия РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева для сканирования посевов используется оптический датчик и N-Sensor® ALS (Германия), установленный на трактор Джон Дир. Принцип работы сенсорных датчиков основан на измерении индекса NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) – нормализованного относительного индекса растительности, показателя количества фотосинтетически активной биомассы, т. н. вегетационного индекса. Величины показателей содержания фотосинтетических пигментов и значения ряда других параметров могут значительно колебаться даже в пределах поля. На основе NDVI-карты можно быстро и точно определять участки на поле, нуждающиеся в дополнительном внесении удобрений или проведении других мероприятий, что позволит выровнять агрофон на всей площади. Составление карт развития растений, по которым распределяется биомасса внутри поля, становится основой определения координат внесения удобрений. В соответствии с биомассой озимой пшеницы проводилась двукратная подкормка посевов озимой пшеницы аммиачной селитрой дозой 70 кг д.в./га в фазы весеннего кущения и колошения. В случае традиционного земледелия внесение удобрения осуществлялось сплошным способом, на делянках точного земледелия – дифференцированно, с учетом заранее определенного индекса NDVI биомассы озимой пшеницы, фиксируемого согласно координатам, и в соответствии с величиной которого в дальнейшем вносилась различная доза аммиачной селитры. Дозировка составляла от 55 до 70 кг/га, что позволяет экономить порядка 15-20% минеральных удобрений с каждого гектара [2].

Следующим элементом точного земледелия является оценка содержания элементов питания почвы каждого конкретного участка поля. Один из способов такой оценки – отбор огромного количества почвенных проб, после чего каждый образец анализируется, определяется в нём содержание азота, фосфора, калия, микроэлементов, в результате чего формируется карта плодородия. Эта карта загружается в специальную программу SMS Advanced, формирующую задания для бортового компьютера машины для внесения удобрений. В результате на каждый квадратный метр поля будет внесено именно то количество удобрений и микроэлементов, которое необходимо именно этому участку [8]. Можно идти от обратного и анализировать не состояние почвы, а оценивать во время уборки урожайность не в среднем, а на каждом конкретном участке. Исходя из этих данных составляется карта урожайности того или иного поля (рис. 1).

Данные карты содержат информацию об уровне урожайности культуры, что позволяет

выявить проблемные участки поля, требующие внесения удобрений, особенно там, где урожайность низкая [1, 7, 8].

В таблице 2 представлена средняя урожайность зерновых культур по вариантам полевого опыта ЦТЗ за период 2011-2013 гг. Анализ усредненных урожайных данных зерновых культур по отдельным годам позволяет выявить влияние различных факторов полевого опыта на их значения. Так, озимая пшеница по-разному реагировала на технологию возделывания, имея только в некоторых случаях существенное превышение урожайности по точному земледелию с применением азотных подкормок в период вегетации. В целом же технология не оказывала практически достоверного влияния на величину прибавки урожая.

Сравнение обработок почвы позволило установить положительное влияние вспашки на урожайность озимой пшеницы в сравнении с нулевой обработкой в 2012 и 2013 гг. Однако в силу неблагоприятных агрометеорологических условий осени 2013 г. произошло существенное снижение урожайности озимой пшеницы по вспашке в 2014 г., что и повлекло снижение ее продуктивности на этом варианте относи-

тельно нулевого фона в среднем за 3 года. Это проявилось на удобренных подкормками делянках. Наиболее характерны различия между делянками озимой пшеницы с двумя подкормками аммиачной селитрой и без таковой. Разница в урожайности превышает величину НСР. Максимальная урожайность озимой пшеницы сформирована на вариантах с применением двух подкормок как по отвальной, так и нулевой обработкам независимо от технологии. Варианты без подкормки уступали в среднем на 0,3-0,5 т/га.

На ячмене практически не проявляется влияние технологии возделывания культуры. Отмечалось некоторое преимущество минимальной обработки культиватором Pegasus на 12-14 см по сравнению с отвальной обработкой плугом Eur Opal на 20-22 см. Влияние последствия технологии возделывания ячменя не находит статистического подтверждения. В среднем за 3 года исследований наибольшая урожайность ячменя отмечается на вариантах с минимальной обработкой почвы. Разница между вариантами по фактору А составляет в среднем 0,01-0,07 т/га, по фактору В – 0,07-0,13 т/га.

Таблица 1

Ширина стыковых междурядий и величина отклонений от стандартной величины междурядий сеялок за 2009-2013 гг.

Культура	Сеялка Д-9-30 (отвальный фон)				ДМС (минимальный)	
	по маркеру		автопилот		автопилот	
	ширина стыкового междурядья, см	отклонение, см	ширина стыкового междурядья, см	отклонение, см	ширина стыкового междурядья, см	отклонение, см
Оз. пшеница	16,8	+4,8	13,8	+1,8	19,2	+0,4
Ячмень	15,2	+3,2	13,4	+1,4	18,7	-0,1

Примечание. Ширина междурядий сеялок Д-9-30 – 12 см, ДМС – 18,8 см.

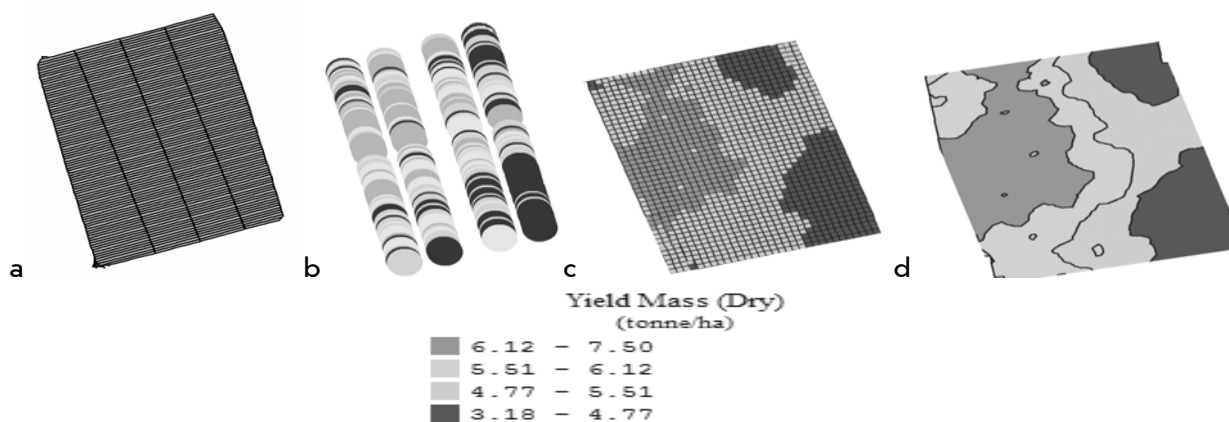


Рис. Различное представление данных об урожайности с.-х. культур [7]: а – сетка сплошного учета урожайности; б – точки по центру каждой ячейки сетки сплошного учета, размер точки 10 м; в – сетка 3х3 м; д – контур

Урожайность зерновых культур по вариантам полевого опыта ЦТЗ

Технология (А)	Обработка почвы (В)	Подкормка и последствие (С)	Урожайность по годам, т/га			
			2012	2013	2014	средняя
Озимая пшеница						
Точная	Отвальная	без подкормки	5,43	5,28	2,19	4,30
		N ₇₀ + N ₇₀	5,71	5,68	2,61	4,67
	Нулевая	без подкормки	4,94	5,16	2,45	4,18
		N ₇₀ + N ₇₀	5,63	5,47	3,07	4,72
Традиционная	Отвальная	без подкормки	5,34	5,20	2,09	4,21
		N ₇₀ + N ₇₀	5,58	5,51	2,44	4,51
	Нулевая	без подкормки	4,84	5,12	2,45	4,14
		N ₇₀ + N ₇₀	5,52	5,33	3,21	4,69
НСП ₀₅ , т/га		А	0,17	0,11	0,17	-
		В	0,24	0,19	0,24	-
		С	0,30	0,23	0,35	-
Ячмень						
Точная	Отвальная	-	4,23	5,00	3,92	4,38
	Минимальная		4,37	5,18	3,81	4,45
Традиционная	Отвальная		4,02	4,95	3,97	4,31
	Минимальная		4,32	5,20	3,80	4,44
НСП ₀₅ , т/га		А	0,10	0,04	0,08	-
		В	0,20	0,13	0,11	-

Заключение

Таким образом, по итогам трехлетних исследований следует выделить отдельные элементы точного земледелия в качестве приоритетных. Так, лучшая конструкция посевов зерновых культур формировалась при посеве с использованием автопилота в сравнении с маркером. Проведение подкормок озимой пшеницы необходимо сочетать с предварительным определением плотности и густоты стеблестоя, основанным на сравнении показателей индекса NDVI, или же анализировать не состояние почвы, а на каждом конкретном участке оценивать урожайность во время уборки и составлять соответствующую карту. Такие карты позволяют определять наиболее проблемные участки поля, требующие большего внесения удобрений. Урожайность озимой пшеницы и ячменя в меньшей степени зависела от технологии возделывания, на нее больше влияли обработка почвы и подкормка под первую культуру в период вегетации.

Библиографический список

1. Беленков А.И., Железова С.В., Березовский Е.В., Мазиров М.А. Элементы технологии точного земледелия в полевом опыте РГАУ – МСХА им. К.А. Тимирязева // Известие ТСХА. – 2011. – Вып. 6. – С. 90-100.
2. Навигационные технологии в сельском хозяйстве. Координатное земледелие: учебное пособие / В.И. Балабанов, С.В. Железова, Е.В. Березовский, А.И. Беленков, В.В. Егоров. – М.: Изд-во РГАУ – МСХА им. К.А. Тимирязева, 2013. – 148 с.

3. Овчинников А.С., Борисенко И.Б., Плескачев Н.О. Программирование урожайности сельскохозяйственных культур при возделывании их с применением инновационных технологий: монография. – Волгоград: Изд-во Волгоградская ГСХА, 2011. – 124 с.

4. Точное сельское хозяйство (precision agriculture) / под ред. Д. Шпаара, А.В. Захаренко, В.П. Якушева. – СПб.; Пушкин, 2009. – 400 с.

5. Якушев В.П. На пути к точному земледелию. – СПб.: Изд-во ПИЯФ РАН, 2002. – 458 с.

6. Belenkov A.I., Gelezova S.V., Berezovskiy E.V., Mazirov M.A. Precision agriculture methods in a field experiment of Russian Timiryazev state agricultural university // Izvestiya of Timiryazev agricultural academy. – 2012. – Special Issue. – P. 94-101.

7. Березовский Е.В., Железова С.В., Самсонова В.П. Опыт составления карт для точного земледелия // Аграрное обозрение. – 2010. – № 2. – С. 43-46.

8. Железова С.В., Шамбинго И.Ф., Мельников А.В., Березовский Е.В. Урожайность и качество зерна озимой пшеницы в зависимости от технологии возделывания в полевом опыте Центра точного земледелия // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2014. – № 10. – С. 10-14.

References

1. Belenkov A.I., Zhelezova S.V., Berezovskii E.V., Mazirov M.A. Elementy tekhnologii tochnogo zemledeliya v polevom opyte RGAU – MSKhA imeni K.A. Timiryazeva // Izvestiya TSKhA. – 2011. – Vyp. 6. – S. 90-100.

2. Navigatsionnye tekhnologii v sel'skom khozyaistve. Koordinatnoe zemledelie: uchebnoe posobie / V.I. Balabanov, S.V. Zhelezova, E.V. Berezovskii, A.I. Belenkov, V.V. Egorov. – M.: Izd-vo RGAU – MSKha imeni K.A. Timiryazeva, 2013. – 148 s.

3. Ovchinnikov A.S., Borisenko I.B., Pleskachev N.O. Programmirovaniye urozhainosti sel'skokhozyaistvennykh kul'tur pri vozdeleyvanii ikh s primeneniem innovatsionnykh tekhnologii: monografiya. – Volgograd: Izd-vo Volgogradskoi GSKhA, 2011. – 124 s.

4. Tochnoe sel'skoe khozyaistvo (precision agriculture) / pod red. D. Shpaara, A.V. Zakharenko, V.P. Yakusheva. – SPb.-Pushkin, 2009. – 400 s.

5. Yakushev V.P. Na puti k tochnomu zemledeliyu. – SPb.: Izd-vo PIYaF RAN, 2002. – 458 s.

6. Belenkov A.I., Gelezova S.V., Berezovky E.V., Mazirov M.A. Precision agriculture methods in a field experiment of Russian Timiryazev State Agricultural University // Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy. – 2012. – Special Issue. – P. 94-101.

7. Berezovskii E.V., Zhelezova S.V., Samsonova V.P. Opyt sostavleniya kart dlya tochnogo zemledeliya // Agrarnoe obozrenie. – 2010. – № 2. – S. 43-46.

8. Zhelezova S.V., Shambingo I.F., Mel'nikov A.V., Berezovskii E.V. Urozhainost' i kachestvo zerna ozimoi pshenitsy v zavisimosti ot tekhnologii vozdeleyvaniya v polevom opyte Tsentra tochnogo zemledeliya // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2014. – № 10. – S. 10-14.



УДК 633.15:631.524.84:631.82/.85:631.86/.87(571.15)

**В.С. Курсакова,
Н.В. Чернецова, М.А. Гаенко
V.S. Kursakova,
N.V. Chernetsova, M.A. Gayenko**

**ФОРМИРОВАНИЕ ПРОДУКТИВНОСТИ ПОСЕВОВ КУКУРУЗЫ
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРЕПАРАТОВ АЗОТФИКСИРУЮЩИХ БАКТЕРИЙ,
МИКОРИЗЫ И УРОВНЯ АЗОТНОГО ПИТАНИЯ
В УСЛОВИЯХ СТЕПНОЙ ЗОНЫ АЛТАЙСКОГО ПРИОБЬЯ**

THE FORMATION OF MAIZE CROPS PRODUCTIVITY DEPENDING ON NITROGEN-FIXING BACTERIA PRODUCTS, MYCORRHIZA AND NITROGEN NUTRITION LEVEL IN THE STEPPE ZONE OF THE ALTAI PRIORYE (THE OB RIVER AREA OF THE ALTAI REGION)

Ключевые слова: кукуруза, биопрепарат, азотфиксация, микориза, инокуляция, бинарные смеси, протеин, клетчатка, урожайность, минеральные удобрения.

Целью исследования являлась оценка совместного использования минеральных удобрений и биопрепаратов на основе ризосферных азотфиксирующих бактерий и микоризы на продуктивность и кормовую ценность кукурузы. Исследования проводились в 2013-2014 гг. на черноземной среднегумусной почве на опытном поле учхоза Алтайского ГАУ. Годы исследований существенно отличались по водо- и теплообеспеченности, более благоприятным был вегетационный период 2014 г. Варианты опыта включали неудобренный фон и два фона удобрений – $P_{60}K_{60}$ и $N_{30}P_{60}K_{60}$. На этих фонах изучали действие монопрепаратов «Ризоагрин», «Биоплант-К» и «Микориза» и бинарных смесей ризоагрина и биопланта с микоризой. Отдельно был вариант $N_{60}P_{60}K_{60}$. Исследования показали, что возделывание кукурузы на силос в условиях степной зоны Алтайского края наиболее перспективно при использовании микробных препаратов на основе ассоциативных азотфиксирующих бактерий («Биоплант-К», «Ри-

зоагрин») и микоризы. Особенно эффективно использование двухкомпонентных смесей препаратов азотфиксирующих бактерий с микоризой. Эффективность препаратов повышается при их совместном использовании с минеральными удобрениями. Наиболее оптимальным из изученных фонов минеральных удобрений, обеспечивающим благоприятное функционирование азотфиксирующей системы, является $N_{30}P_{60}K_{60}$. Урожайность зеленой массы кукурузы на этом фоне превышала контрольный вариант на 40,4-92,4%, тогда как на неудобренном фоне – всего на 7,9-27,0%, и была более высокой, чем на варианте удобрения $N_{60}P_{60}K_{60}$. Максимальная урожайность кукурузы получена в оба года исследований при инокулировании семян бинарной смесью препаратов «Биоплант»+«Микориза» на фоне минерального удобрения $N_{30}P_{60}K_{60}$. Урожайность сухой массы на этом варианте составляла в среднем за два года 5,95 т/га, что на 138% превышало контрольный вариант. Применение этой смеси препаратов максимально увеличивало содержание протеина и вынос его с урожаем, способствовало снижению содержания клетчатки и повышению перевариваемости корма.