

19. Vizirskaya, M. M. Controlling the economic sustainability of agricultural organizations with the help of the agrochemical service / M. M. Vizirskaya, V. Yu. Zhdanov // The economics of agricultural and processing enterprises. – 2023. – No. 9. – pp. 33-39. – DOI 10.31442/0235-2494-2023-0-9-33-39. – EDN LOLVEW.
20. Ivanenko A.S. Agro-climatic conditions of the Tyumen region / A.S. Ivanenko, O.A. Kulyasova // Textbook. Tyumen: TGSHA, 2008. – 206 p.
21. Ivko V.V. Economic efficiency of the use of fertilizers in grain production (based on materials from the Krasnodar Territory): abstract of the dissertation of the Candidate of Economic Sciences; 08.00.05 / V.V. Ivko // – Zernograd, 2004. – pp.6-7.
22. Lekomtsev P.V., Rutkovskaya T.S., Pasyukov A.V., Khomyakov Yu.V. The effectiveness of nitrogen fertilizers in the cultivation of spring wheat on sandy loam soils // Fertility. – 2022. – No. 1. – pp. 9-13.

УДК 633.15:631.82

DOI: 10.25680/S19948603.2024.137.04

ВЛИЯНИЕ ОПТИМИЗАЦИИ УСЛОВИЙ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ НА ФОТОСИНТЕТИЧЕСКУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ПОСЕВОВ И ПРОДУКТИВНОСТЬ КУКУРУЗЫ

**И.В. Гаврюшина¹, к.б.н., С.М. Надежкин^{2,3}, д.с.-х.н.,
С.А. Семина¹, д.с.-х.н., А.С. Палийчук¹, к.с.-х.н.**

¹Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пензенский государственный аграрный университет» 440014, Пензенская область, г. Пенза, ул. Ботаническая, 30, тел. 88412628151, e-mail: gavryushina.i.v@pgau.ru

²Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр овощеводства» 143080, Московская область, Одинцовский район, поселок ВНИИССОК, ул. Селекционная, д. 14

³Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» 119991, г. Москва, ул. Ленинские горы, д. 1

Изучено влияние макроудобрений и некорневой обработки посевов раннеспелого (ФАО 190) и среднераннего (ФАО 210) гибридов кукурузы комплексными удобрениями с микроэлементами в хелатной форме на фотосинтетическую деятельность посевов и урожайность кукурузы. Установлено, что на обоих уровнях корневого минерального питания лучший результат получен при обработке удобрением Азосол 36 Экстра, способствующим повышению продуктивности. Выявлено преимущество обработки комплексными удобрениями в фазе пяти листьев при двукратном применении.

Ключевые слова: кукуруза, удобрение, площадь листьев, фотосинтетический потенциал, чистая продуктивность фотосинтеза, урожайность.

Для цитирования: Гаврюшина И.В., Надежкин С.М., Семина С.А., Палийчук А.С. Влияние оптимизации условий минерального питания на фотосинтетическую деятельность посевов и продуктивность кукурузы // Плодородие. 2024. – №2. – С. 16-20. DOI: 10.25680/S19948603.2024.137.04.

Кукуруза – одна из важнейших мировых зерновых и силосных культур, входящих в тройку лидеров по посевным площадям и валовому сбору продукции. Она широко распространена благодаря высокой продуктивности, питательной ценности, а также способности адаптироваться к различным почвенно-климатическим условиям [1-4].

Из-за высокой потенциальной урожайности кукуруза предъявляет высокие требования к минеральному составу почвы. Применение макроудобрений остается одним из важнейших приемов повышения ее продуктивности [5]. Исследователями экспериментально доказана зависимость урожайности от кратности и объемов внесенных минеральных удобрений [6, 7]. В то же время важным условием повышения урожайности зеленой массы является такая система удобрения, которая бы обеспечила высокопродуктивные гибриды не только макро-, но и микроэлементами [8, 9]. Поэтому разработка оптимальной системы минерального питания – необходимое условие совершенствования технологии возделывания кукурузы. В интенсивных технологиях высокую эффективность обеспечивают комплексные микроудобрения, которые содержат макро- и

микроэлементы на хелатной основе. Хелатные формы биогенных металлов имеют преимущество перед неорганическими солями для использования в сельском хозяйстве, так как характеризуются низкой токсичностью и более эффективны при меньших дозах. Применяют микроэлементы в виде хелатного удобрения для листовой подкормки, как дополнение к существующей системе удобрения, с целью повышения урожайности, качества продукции и уменьшения отрицательного влияния прогрессивных технологий на окружающую среду.

Продукция, формируемая посевами, является производным процессом фотосинтеза. Микроэлементы оказывают положительное влияние на фотосинтетическую деятельность растений кукурузы, которая служит основным фактором, определяющим формирование урожая зеленой биомассы [10, 11].

Цель исследований – изучить влияние некорневой обработки микроэлементными удобрениями на фотосинтетическую деятельность посевов и реализацию силосной продуктивности гибридов кукурузы разной скороспелости при различных уровнях корневого питания в условиях лесостепи Среднего Поволжья.

Методика. Исследования проводили в 2016-2018 г. в ЗАО «Константиново» Пензенского района, Пензенской области. Четырехфакторный полевой опыт был заложен в четырехкратной повторности [12] по схеме: фактор А – гибрид: раннеспелый (ФАО 190) Ладожский 191 МВ, среднеранний (ФАО 210) Роналдино; фактор В – минеральные удобрения: 1. $N_0P_0K_0$, 2. $N_{110}P_{70}K_{40}$; фактор С – комплексные удобрения с микроэлементами:

1. Контроль (без комплексного удобрения с микроэлементами); 2. Азосол 36 Экстра (3,0 л/га), 3. Акварин 5 (3,0 л/га), фактор D – срок некорневой обработки: 1. В фазе пяти листьев кукурузы; 2. В фазе восьми листьев кукурузы; 3. В фазе (5 листьев + 8 листьев). Дозы микроудобрений взяты из рекомендаций производителя. Схема опыта представлена в таблице.

Фотосинтетическая деятельность гибридов кукурузы в зависимости от вида удобрения и условий минерального питания (в среднем за 2016-2018 г.)

Гибрид (фактор А)	Минеральные удобрения (фактор В)	Комплексные удобрения с мик- роэлементами (фактор С)	Срок некорневой обработки (фактор D) в фазе	Средняя площадь Листовой поверхно- сти, тыс. м²/га	Фотосинтетиче- ский потенциал, тыс. м²/(га·дн.)	ЧПФ, г/(м² · сут.)
Удобрения						
Раннеспелый гибрид						
Ладож- ский 191 MB	N₀P₀K₀	Контроль	5 листьев	13,77	1428,62	7,75
			8 листьев	13,73	1425,28	7,85
			5+8 листьев	14,03	1455,50	7,62
		Азосол 36 Экстра	5 листьев	14,42	1495,79	7,97
			8 листьев	13,80	1425,16	8,47
			5+8 листьев	14,55	1506,18	8,13
		Акварин 5	5 листьев	15,11	1566,90	7,91
			8 листьев	14,91	1544,30	7,53
			5+8 листьев	15,27	1581,43	7,98
	N₁₁₀P₇₀K₄₀	Контроль	5 листьев	17,36	1793,65	7,97
			8 листьев	16,87	1745,48	7,84
			5+8 листьев	17,32	1790,02	7,70
		Азосол 36 Экстра	5 листьев	18,19	1882,27	8,36
			8 листьев	17,82	1846,42	8,21
			5+8 листьев	17,68	1821,80	8,72
		Акварин 5	5 листьев	18,20	1877,28	8,65
			8 листьев	17,55	1812,87	7,69
			5+8 листьев	18,73	1937,28	7,96
Минеральное питание						
Среднеранний гибрид						
Роналди- нно	N₀P₀K₀	Контроль	5 листьев	14,61	1511,85	8,19
			8 листьев	14,34	1484,88	8,14
			5+8 листьев	14,54	1505,45	8,15
		Азосол 36 Экстра	5 листьев	15,32	1583,43	8,44
			8 листьев	14,93	1542,19	8,58
			5+8 листьев	15,12	1562,35	8,76
		Акварин 5	5 листьев	15,69	1622,40	8,41
			8 листьев	15,26	1578,40	8,15
			5+8 листьев	15,59	1613,00	8,36
	N₁₁₀P₇₀K₄₀	Контроль	5 листьев	17,79	1835,98	8,80
			8 листьев	17,67	1826,35	8,89
			5+8 листьев	18,10	1867,26	8,65
		Азосол 36 Экстра	5 листьев	19,46	2009,37	9,07
			8 листьев	18,28	1886,77	9,19
			5+8 листьев	18,97	1957,37	9,04
		Акварин 5	5 листьев	18,59	1912,20	9,05
			8 листьев	18,24	1875,81	8,44
			5+8 листьев	18,85	1944,50	8,67

Акварин 5 – водорастворимое комплексное минеральное удобрение с хелатными микроэлементами (ОАО «Буйский химический завод», Россия). Состав: N 18,0 %, P_2O_5 18,0, K_2O 18,0, MgO 2,0, S 1,5 %; микроэлементами: Fe (ДТПА) – 0,054%; Zn (ЭДТА) – 0,014; Cu (ЭДТА) – 0,01; Mn (ЭДТА) – 0,042; Mo – 0,004; B – 0,02%.

Азосол 36 Экстра – универсальное жидкое хелатное удобрение (Производственно-Консультационное Предприятие «АДОБ», ТОО ПТ, Россия). Состав: N 36,2 %, MgO 4,3 %; микроэлементами: Mn – 1,35%, Cu – 0,27, Fe – 0,027, B – 0,027, Zn – 0,013, Mo – 0,0067%. Хелатирующий агент – биологически разлагающееся вещество ИДХА.

Почвенный покров участков, где проводили исследования, представлен чернозёмом выщелоченным среднесуглинистым. Посев проводили сеялкой Quivogne Prosem K 16 с междурядьями 70 см.

Густоту стояния растений (80 тыс. шт/га.) формировали в фазе полных всходов. Предшественник – озимая пшеница по чистому пару. Минеральные удобрения (аммиачная селитра, нитроаммофос, хлористый калий) в соответствии со схемой опыта вносили под первую предпосевную культивацию.

Погодные условия в течение вегетационного периода за время проведения исследований были неодинаковыми. 2016 г. был довольно благоприятным для роста и развития кукурузы, несмотря на недостаточное увлажнение (гидротермический коэффициент (ГТК) – 0,79), осадки по вегетации распределялись достаточно равномерно, что способствовало получению высокой урожайности зеленой массы и сухого вещества. Июнь и июль 2017 г. были достаточно влагообеспеченными, а август – засушливым. Температура воздуха в сентябре была немногим ниже среднесезонной, а осадков выпало в 2,5

раза больше среднесуточного количества. Вегетационный период 2018 г. характеризовался недостаточным количеством осадков на фоне пониженных температур воздуха ($G_{TK} = 0,56$).

Формирование ассимиляционного аппарата, продолжительность работы листьев, фотосинтетический потенциал (ФП) и чистую продуктивность фотосинтеза (ЧПФ) рассчитывали по методике А.А. Ничипоровича (1965, 1966). Уборку и учет урожая проводили вручную сплошным методом с пересчетом на сухое вещество. Содержание абсолютно сухого вещества в зеленой массе определяли путем высушивания измельченных навесок в сушильном шкафу при температуре 105°C . Математическую обработку экспериментальных данных проводили методом дисперсионного анализа с использованием программы Statistica 6.0.

Результаты и их обсуждение. Один из важных показателей фотосинтетической деятельности посевов – величина их листовой поверхности, при помощи которой улавливается световая энергия солнечной радиации и, в процессе фотосинтеза, преобразуется в потенциальную энергию органического вещества [13]. Средняя площадь листовой поверхности посева значительно варьировала по годам исследования. В условиях прохладного засушливого лета 2018 г. получена наименьшая средняя листовая поверхность – 8,58-10,90 тыс. $\text{м}^2/\text{га}$ на естественном агрофоне и 11,05-13,42 тыс. $\text{м}^2/\text{га}$ при внесении макроудобрений. Значительно больших размеров листовая поверхность сформировалась при выпадении большего количества осадков за вегетацию в 2017 г. – от 18,64-21,14 тыс. $\text{м}^2/\text{га}$ на неудобренном агрофоне до 21,11-24,23 тыс. $\text{м}^2/\text{га}$ при внесении полного минерального удобрения, а максимальная достигала 34,73-40,89 тыс. $\text{м}^2/\text{га}$. В среднем за счет макроудобрений прирост общей листовой поверхности посева раннеспелого гибрида составил 3,35 тыс. $\text{м}^2/\text{га}$, или 23,3 % (табл.), а среднераннего – 3,40 тыс. $\text{м}^2/\text{га}$, или 22,6 % (табл.). Отмечено, что все применяемые для некорневой обработки кукурузы удобрения, содержащие микроэлементы, оказали ростстимулирующее действие на размеры фотосинтезирующей поверхности посева. При фоллиарной обработке раннеспелого гибрида раствором Азосола 36 Экстра прирост листовой поверхности на неудобренном агрофоне составил 3,0 %, а от Акварина 5-9,1 %, для среднераннего прибавка получена 4,3 и 6,9 % соответственно (табл.).

На фоне $\text{N}_{110}\text{P}_{70}\text{K}_{40}$ прибавки варьировали от 4,0 до 5,9 %, но какого-либо значимого преимущества по видам микроудобрений и срокам некорневой обработки не выявлено. Следует отметить, что наибольшая ассимилирующая поверхность посева за годы исследований была в вариантах с бинарной обработкой среднераннего гибрида микроэлементными удобрениями.

Более значимую характеристику ассимиляционной деятельности растений, чем площадь листьев, дает фотосинтетический потенциал (ФП) посева (Моисеев и др., 2018).

Проведенными исследованиями установлено, что значительных размеров суммарный за вегетацию ФП сформировался в достаточно влагообеспеченных условиях 2017 г., а наименьшим он был при недостатке влаги в 2018 г.

Больших размеров ФП сформировался на посевах среднераннего гибрида, независимо от уровня корневого питания (см. табл.). В среднем, за три года исследований, внесение полного минерального удобрения позволило увеличить ФП посева на 22,2-22,9 % по сравнению с

неудобренным агрофоном. Использование Азосола 36 Экстра на неудобренном агрофоне способствовало росту суммарного ФП на 2,7-4,1 % по сравнению с обработкой водой, действие Акварина 5 было сильнее и прирост составил 6,9-8,9 %. При улучшении условий корневого питания прибавка от Азосола 36 Экстра получена немного больше, а от Акварина 5, наоборот, несколько меньше (3,7-5,6 %). Следует отметить, что на естественном агрофоне оба вида удобрения на посевах раннеспелого гибрида лучше проявили себя в вариантах с бинарной обработкой, а среднеранний гибрид сформировал больший ФП при их применении в фазе пяти листьев. В условиях улучшенного корневого питания отмечена несколько иная закономерность: для раннеспелого и среднераннего гибридов больших размеров ФП получен при обработке Азосолом 36 Экстра в фазе пяти листьев кукурузы и двукратном использовании Акварина 5 (см. табл.).

Для получения высоких и устойчивых урожаев очень важно иметь не только мощный, но и высокопродуктивный фотосинтетический аппарат, показателем которого является чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ).

Установлено, что меньшие величины ассимилированного сухого вещества зафиксированы в условиях неравномерного выпадения осадков за вегетацию 2018 г. и при недостатке активных температур в 2017 г. (5,05-7,47 $\text{г}/(\text{м}^2 \cdot \text{сут.})$), а лучшие результаты получены в условиях достаточной теплообеспеченности 2016 г. (11,96-14,15 $\text{г}/(\text{м}^2 \cdot \text{сут.})$). Следует отметить, что в условиях 2018 г. более продуктивно «работали» листья на неудобренном агрофоне, а в 2016-2017 г. самые высокие показатели ЧПФ зафиксированы при улучшении условий корневого питания.

Применяемые комплексные микроэлементные удобрения способствовали улучшению «работы» листового аппарата. В среднем за годы исследований на обоих уровнях корневого питания большие величины ЧПФ получены в вариантах с фоллиарной обработкой посевов Азосолом 36 Экстра в фазе восьми листьев и двукратном применении, прибавки варьировали от 7,5-7,9 % на естественном агрофоне до 13,2 % – на улучшенном. Акварин 5 лучше воздействовал на растения при некорневой обработке в фазе пяти листьев кукурузы, но прибавка составила лишь 2,7-8,5 %.

Одним из важнейших факторов, определяющих продуктивность кукурузы, является выход зеленой массы. Известно, что до 95% сухой массы формируется из органических веществ, первично образующихся в листьях в процессе фотосинтеза. Результатом фотосинтетической деятельности растения является синтезирование органического вещества. Благоприятное сочетание тепла и влаги в период вегетации 2016 г. позволило сформировать достаточно высокую урожайность биомассы. На неудобренном агрофоне лучший стимулирующий эффект от микроудобрений отмечен на раннеспелом гибриде – прибавка от Азосола 36 Экстра составила 3,5 т/га, или 9,8 %, а от Акварина 5 – 4,2 т/га, или 11,8 %. При фоллиарной обработке среднераннего гибрида прибавки получены в 1,3-1,9 раза меньше при большем абсолютном урожае. Это вполне согласуется с величинами суммарного фотосинтетического потенциала. На удобренном агрофоне действие препаратов на оба гибрида было равноценным, а большие прибавки обеспечил Акварин 5 – 7,0-7,5 %, тогда как Азосол 36 Экстра – 4,5-7,7 %. Для среднераннего гибрида лучшие показатели получены при обработке комплексными удобрениями в фазе

пяти листьев, а для раннеспелого предпочтительнее бинарное применение.

Анализ полученных результатов свидетельствует, что умеренные температуры 2017 г., обильные осадки второй половины вегетации, способствовали формированию большей урожайности фитомассы с сохранением ранее выявленной тенденции.

Вегетация 2018 г. проходила в условиях недостатка влаги, особенно во второй её половине в период активного роста кукурузы, что негативно отразилось на формировании урожайности биомассы. Следует отметить, что на неудобренном агрофоне прибавки обеспечила только обработка Акварином 5 – 4,9-6,8 %. На улучшенном агрофоне отмечено положительное действие Азосола 36 Экстра, прирост урожайности составил 3,8-4,0 % по отношению к вариантам с водой. Достоверной разницы по срокам фоллиарной обработки не выявлено.

В среднем за годы испытаний на неудобренном агрофоне преимущество по сбору зеленой массы имело

удобрение Акварин 5, обеспечившее прибавку 14,2 и 12,3 %, соответственно, для раннеспелого и среднераннего гибридов. Использование Акварина 5 привело к формированию значительной общей поверхности ассимиляции, что способствовало образованию большего количества органического вещества.

Применение Азосола 36 Экстра способствовало получению дополнительно сырой биомассы раннеспелого гибрида 7,7 %, а среднераннего – 11,0 % (рис.). На улучшенном минеральном фоне большая прибавка отмечена при некорневой обработке раннеспелого гибрида. Но здесь преимущество было за применением Азосола 36 Экстра, способствующего росту урожайности фитомассы на 6,2 т/га, или 14,1 % по отношению к вариантам с водой, тогда как при обработке Акварином 5 прирост составил 11,2 % (4,9 т/га) (см. рис.). Варианты с Азосолом 36 Экстра отличались лучшей ассимиляционной способностью, о чем свидетельствуют большие величины ЧПФ.

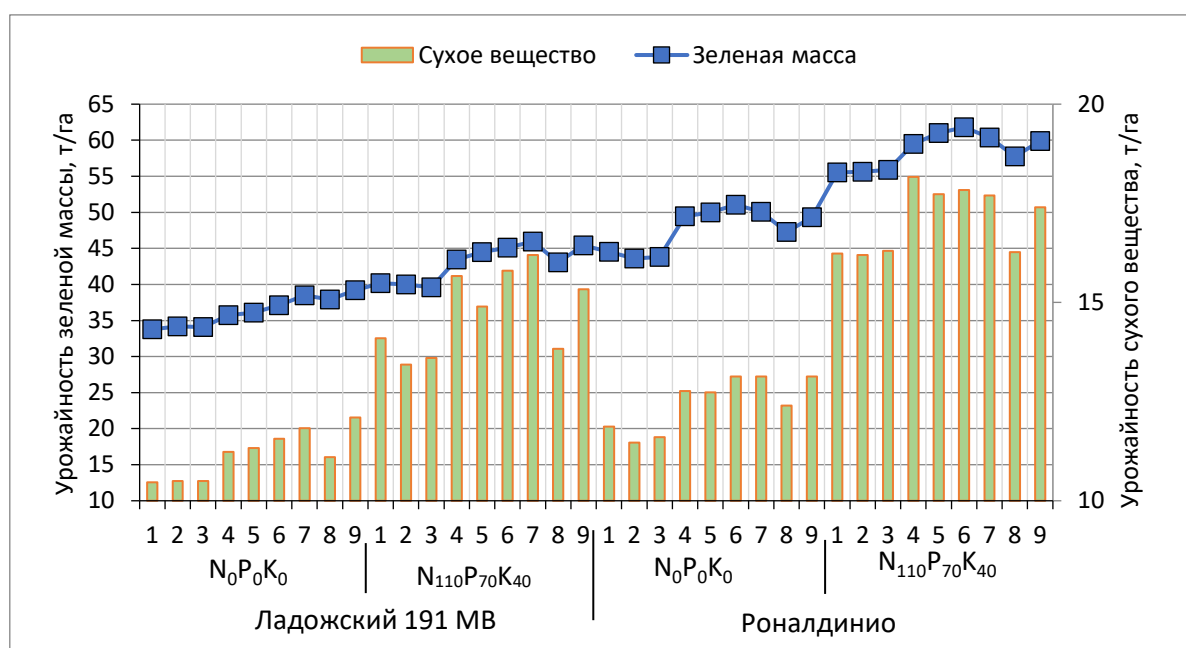


Рис. Урожайность кукурузы (в среднем за 2016-2018 гг.)

Примечание 1. 1–контроль (5 лист); 2–контроль (8 лист); 3– контроль (5+8 лист); 4–Азосол 36 Экстра (5 лист); 5–Азосол 36 Экстра (8 лист); 6–Азосол 36 Экстра (5+8 лист); 7–Акварин 5 (5 лист); 8–Акварин 5 (8 лист); 9–Акварин 5 (5+8 лист)

Примечание 2. 2016 г. НСР₀₅ т/га: А, В – 0,26, С – 0,25, ABC – 0,44, частных различий – 1,21; 2017 г. НСР₀₅ т/га: А, В – 0,22, С – 0,27, АВ – 0,31, АС – 0,27, ВС, ABC – 0,38, ABCD – 1,09, частных различий – 0,90; 2018 г. НСР₀₅, т/га: В – 0,15, С – 0,19, АВ – 0,12, ВС – 0,26, BCD – 0,46, ABCD – 0,64, частных различий – 0,45.

Эта же закономерность отмечена и для среднераннего гибрида, но прибавки несколько меньше – 5,1 т/га, или 9,2 % и 3,7 т/га или 6,6 % соответственно удобрениям с микроэлементами (см. рис.).

Формирование сухой надземной массы кукурузы является одним из определяющих факторов продуктивности культуры. Достаточно благоприятные гидротермические условия периода вегетации, сложившиеся в 2016 г., способствовали получению наибольшей за годы проведения опыта урожайности сухого вещества.

При нехватке активных температур, но достаточном количестве осадков в 2017 г. отмечено значительное снижение как содержания, так и выхода сухого вещества, по сравнению с предыдущим годом исследований. В этих погодных условиях на улучшенном уровне корневого питания прирост сухой биомассы раннеспелого гибрида составил 32,3 % (3,4 т/га), а среднераннего – 41,1 % (5,1 т/га). На посевах раннеспелого гибрида на неудобренном агрофоне лучше проявил себя как стимулятор роста

Акварин 5, обеспечивший прирост сухой фитомассы 16,5 % по сравнению с водой, от Азосола 36 Экстра прибавка была вдвое меньше. На удобренном фоне преимущество имела обработка Азосолом 36 Экстра, прибавка составила 27,7 %, тогда как от Акварина 5 выход сухого вещества увеличился на 22,7 %. Среднеранний гибрид, независимо от уровня корневого питания, лучше отзывался на фоллиарную обработку Азосолом 36 Экстра, прирост сухой биомассы составил 17,6-18,8 %, а действие Акварина 5 было слабее и способствовало росту сбора сухого вещества на 11,9-13,4 %. Следует отметить, что на удобренном агрофоне преимущество было за некорневой обработкой в фазе пяти листьев кукурузы. На неудобренном агрофоне какой-либо четкой закономерности по срокам применения микроудобрений не выявлено, наметилась лишь слабая тенденция к росту сбора сухого вещества при бинарном применении.

В засушливых условиях 2018 г. макроудобрения способствовали росту выхода сухой биомассы

раннеспелого гибрида на 15,3 %, а среднераннего – на 10,8 %. Удобрения с микроэлементами оказали незначительное влияние на выход сухого вещества с единицы площади, и действие их было примерно равноценным. Можно отметить лишь небольшое преимущество обработки Акварином 5 на неудобренном агрофоне, обеспечившим прирост сухой фитомассы, по сравнению с водой, 10,1 и 6,9 % соответственно гибридам. В остальных вариантах получена прибавка 2,5-4,9 %. По срокам обработки значимых различий не выявлено.

За годы проведения опыта макроудобрения оказали существенное влияние на сбор сухого вещества: для раннеспелого гибрида прибавка составила 3,5 т/га, или 31,2 %, а для среднераннего – 4,5 т/га, или 36,0 %. Отмечен тренд снижения накопления сухого вещества в биомассе среднераннего гибрида при применении Акварина 5. Для раннеспелого гибрида на неудобренном агрофоне предпочтительнее использование Акварина 5, обеспечившего прирост биомассы 1,2 т/га, или 11,4 % (от Азосола 36 Экстра прирост – 7,6 %), хотя и отмечено снижение интенсивности фотосинтеза при его применении, однако за счет большей суммарной листовой поверхности за вегетацию прирост биомассы был выше. На фоне $N_{110}P_{70}K_{40}$ оба вида удобрения были равноценны, получена прибавка 10,2-12,4 % (см. рис.), и также снижение интенсивности ассимиляции компенсировалось функционированием большей величины ФП. На всех уровнях корневого питания наибольший прирост сухой биомассы отмечен при foliarной обработке посевов в фазе пяти листьев кукурузы.

Заключение. Проведенные исследования показали, что применение минеральных и комплексных удобрений с микроэлементами способствовало улучшению фотосинтетической деятельности посевов и повышению урожайности биомассы кукурузы. При foliarной обработке раннеспелого гибрида Азосолом 36 Экстра прирост листовой поверхности на естественном агрофоне составил 3,0 %, а от Акварина 5 – 9,1 %, а для среднераннего гибрида прибавка получена 4,3 и 6,9 % соответственно. Наибольшая ассимилирующая поверхность посева за годы исследований была в вариантах с бинарной обработкой среднераннего гибрида удобрениями с микроэлементами.

Высокая чистая продуктивность фотосинтеза получена в вариантах с foliarной обработкой посевов Азосолом 36 Экстра в фазе восьми листьев и двукратном применении, прибавки варьировали от 7,5-7,9 % на неудобренном агрофоне до 13,2 % на удобренном. Действие Акварина 5 эффективнее при некорневой обработке в фазе пяти листьев кукурузы.

На улучшенном уровне корневого питания некорневая обработка посевов раннеспелого гибрида Азосолом 36 Экстра способствовала росту урожайности фитомассы на 14,1 % по отношению к контролю, при обработке Акварином 5 прирост составил 11,2 %. Для среднераннего гибрида получены прибавки 9,2 и 6,6 % соответственно комплексным удобрениям. На всех уровнях корневого питания наибольший прирост сухой биомассы был при foliarной обработке посевов в фазе пяти листьев кукурузы.

Литература

1. Васин В.Г., Трифонов Д.И., Саниев Р.Н. Показатели фотосинтетической деятельности растений в посевах кукурузы при выращивании на планируемую урожайность // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2023. – № 2. – С. 3-10.
2. Ахтариев Р.Р., Миллер С.С., Рзаева В.В. Возделывание гибридов кукурузы на силос по основной обработке почвы в северной лесостепи Тюменской области // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2021. – № 4. – С. 87-91.
3. Иващенко И.Н., Багрянцева В.Н. Оценка эффективности некорневых подкормок азотсодержащими удобрениями на кукурузе // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. – 2021. – № 3. – С. 40-54.
4. Мамсиров Н.И., Мнатсакяня А.А. О роли минеральных удобрений и способов основной обработки почвы в формировании продуктивности гибридов кукурузы // Аграрный вестник Урала. – 2021. – № 9. – С. 11-24.
5. Сутягин В.П., Тюлин В.А. Минеральное питание в адаптивном земледелии // Успехи современного естествознания. – 2016. – № 11-1. – С. 80-85.
6. Демин Е.А., Еремина Д.В. Влияние минеральных удобрений и сроков посева на урожайность зеленой массы кукурузы в лесостепной зоне Зауралья // Вестник КрасГАУ. – 2020. – №10. – С. 27-33.
7. Монастырский В.А., Тищенко Я.С. Применение минеральных и органических удобрений для повышения эффективности возделывания кукурузы на зерно // Мелиорация и гидротехника. – 2023. – №2. – С. 242-263.
8. Гайсин И.А., Пахомова В.М. Хелатные микроудобрения: практика применения и механизм действия: монография. – Казанский ГАУ, Йошкар-Ола, 2014. – 344 с.
9. Столповский Ю.И. Микроэлементы и микроудобрения / Ю.И. Столповский. – Воронеж: ФГБОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2015. – 171 с.
10. Вознесенская Т.Ю., Можарова И.П. Влияние инновационных удобрительных комплексов на фотосинтез и продуктивность листового аппарата пшеницы озимой // Плодородие. – 2021. – №6. – С. 52-55. DOI: 10.25680/S19948603.2021.123.14.
11. Вильдфлуш И.Р., Цыганов А.Р., Мосур С.С. Влияние органических, макро-, микроудобрений и регулятора роста на фотосинтетическую деятельность посевов и продуктивность кукурузы // Плодородие. – 2022. – №2. – С. 16-18. DOI: 10.25680/S19948603.2022.125.04.
12. Доспехов Б.А. Методика опытного дела (с основами статистической обработки результатов) / Б.А. Доспехов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
13. Мусеев А.А., Ивойлов А.В., Сидоров А.В., Власов П.Н. Эффективность удобрений при возделывании кукурузы на зерно в условиях Южного Нечерноземья: монография. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2018. – 172 с.

THE EFFECT OF OPTIMIZING THE CONDITIONS OF THE MINERAL NUTRITION FOR PHOTOSYNTHETIC ACTIVITY CROPS AND CORN PRODUCTIVITY

I.V. Gavryushina¹, Candidate of Biological Sciences, S.M. Nadezhkin^{2,3}, Doctor of Biological Sciences, S.A. Semina¹ Doctor of Agricultural Sciences, A.S. Paliychuk¹ Candidate of Agricultural Sciences

¹Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Penza State Agrarian University» 440014, Penza Penza region, Botanic str., 30, tel. 8(8412) 62-81-51; e-mail: gavryushina.i.v@pgau.ru

²Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Center of Vegeticulture", VNISSOK settlement, 143080, Odintsovo district, Moscow region, village of VNISSOK, Selectionskaya str., 14

³Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Lomonosov Moscow State University» 119991, Moscow, Leninskie gory, 1

The effect of macro fertilizers and non-root treatment of crops of early-ripening (FAO 190) and medium-early (FAO 210) maize hybrids with complex fertilizers with trace elements in chelated form on the photosynthetic activity of crops and corn yield has been studied. It is established that. At both levels of root mineral nutrition, the best result was obtained by processing Azosol 36 Extra, which contributes to increased productivity. The advantage of treatment with complex fertilizers in the five-leaf phase and double application has been revealed. Keywords: corn, fertilizer, leaf area, photosynthetic potential, net photosynthetic productivity, yield.