

АГРОНОМИЯ

4.1.1. Общее земледелие и растениеводство

Научная статья

УДК 633.2:633.11:633.14.324.0004:12

doi: 10.28983/asj.y2024i6pp24-31

**Влияние агрохимикатов на фотосинтетическую деятельность и урожайность гибридов кукурузы на зерно в Нижнем Поволжье**

**Анатолий Федорович Дружкин, Даниил Андреевич Дубровин, Наталия Викторовна Николайченко**  
Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова, г. Саратов, Россия, e-mail: anatolij.druzhkinaf@mail.ru

**Аннотация.** Максимальная площадь листовой поверхности в среднем за три года исследований формировалась при совместном применении минеральных удобрений (NPK) и ростостимулирующих препаратов (Agree`s Бор, Agree`s Аминовит) – 25,8 тыс. м<sup>2</sup>/га у гибрида Краснодарский 385 МВ. Достоверное варьирование показателей ЧПФ отмечено у гибридов кукурузы в зависимости от применяемых вариантов опыта. Чистая продуктивность фотосинтеза гибридов кукурузы изменялась от 4,6 до 6,7 г/м<sup>2</sup> сутки. Минимальными значениями этого признака характеризовался гибрид Краснодарский 385 МВ, максимальное значение выявлено у гибрида РОСС 199 МВ. Максимальная урожайность гибридов кукурузы на зерно в среднем за три года достигнута на варианте NPK + Agree`s Бор + Agree`s Аминовит. Урожайность зерна варьировала от 5,59 до 6,15 т/га.

**Ключевые слова:** кукуруза; гибрид; динамика; площадь листьев; сухая биомасса; фотосинтетический потенциал; урожайность; коэффициент корреляции; коэффициент детерминации; уравнение множественной линейной регрессии

**Для цитирования:** Дружкин А. Ф., Дубровин Д. А., Николайченко Н. В. Влияние агрохимикатов на фотосинтетическую деятельность и урожайность гибридов кукурузы на зерно в Нижнем Поволжье // Аграрный научный журнал. 2024. № 6. С. 24–31. <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2024i6pp24-31>.

AGRONOMY

Original article

**The influence of agrochemicals on photosynthetic activity and the yield of grain corn hybrids in the Lower Volga region**

**Anatoly F. Druzhkin, Daniil A. Dubrovin, Natalia V. Nikolaichenko**

Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia  
e-mail: anatolij.druzhkinaf@mail.ru

**Abstract.** The maximum leaf surface area on average over three years of research was with the combined application of mineral fertilizers (NPK) and growth-stimulating preparations (Agree`s Boron, Agree`s Aminovit) - 25.8 thousand m<sup>2</sup>/ha for the hybrid Krasnodar 385 MV. Significant variations in net photosynthetic productivity indicators were in corn hybrids depending on the experimental options used. The net productivity of photosynthesis of corn hybrids varied from 4.6 to 6.7 g/m<sup>2</sup> day. The hybrid Krasnodar 385 MV was characterized by the minimum values of this trait; the maximum value had the hybrid ROSS 199 MV. The maximum yield of grain corn hybrids on average over three years was after the application of NPK + Agree`s Boron + Agree`s Aminovit. Grain yield varied from 5.59 to 6.15 t/ha.

**Keywords:** corn; hybrid; dynamics; leaf area; dry biomass; photosynthetic potential; productivity; correlation coefficient; coefficient of determination; multiple linear regression equation

**For citation:** Druzhkin A. F., Dubrovin D. A., Nikolaichenko N. V. The influence of agrochemicals on photosynthetic activity and the yield of grain corn hybrids in the Lower Volga region. *Agrarnyy nauchnyy zhurnal = Agrarian Scientific Journal*. 2024;(6):24–31. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2024i6pp24-31>.

**Введение.** Единственным первоисточником пищевых ресурсов для человека, вообще для всех живых организмов на Земле, был и является фотосинтез зеленых растений. Вследствие этого всестороннее изучение фотосинтеза должно лежать в основе рационального растениеводства.



Основными показателями фотосинтетической деятельности растений, определяющими урожайность, являются величина площади листовой поверхности и динамика ее формирования. В комплексе мер, влияющих на процессы, происходящие при фотосинтезе, большое значение имеют погодные условия и обеспеченность почв элементами питания [3, 4, 11, 15].

Кукуруза относится к культурам весьма требовательным к пищевому режиму. Это связано с образованием большого объема вегетативной массы и потреблением значительного количества питательных элементов в относительно короткий период интенсивного роста растений. Потребление элементов минерального питания растениями кукурузы идет неравномерно в течение вегетации [6, 7]. Оно соответствует ходу накопления органического вещества и продолжается до восковой спелости зерна. Элементы питания относятся к возобновляемым материалам, которые поступают извне, а их количество может регулироваться самим человеком. Поскольку ежегодное формирование биомассы в агроценозах связано с выносом значительного количества биогенных элементов из почвы, то для дальнейшего успешного ее функционирования необходимо, как минимум, равноценное восполнение данных объемов питательных элементов, которое может быть осуществлено путем внесения минеральных удобрений. Основным критерием эффективности взаимодействия между растениями, почвой и удобрениями является прибавка урожая от применения удобрений [1, 2, 8–10, 13, 14].

Цель исследований – определить влияние изучаемых агрохимикатов на формирование листового аппарата, фотосинтетическую деятельность растений и урожайность различных по спелости гибридов кукурузы в Нижнем Поволжье.

**Материалы и методы.** Полевые эксперименты проводили на специально выделенном участке, расположенном на территории ООО «Рассвет-1» Вольского района Саратовской области. Почва опытного участка представлена черноземом обыкновенным среднетяжелым глинистым по гранулометрическому составу. Содержание гумуса в пахотном горизонте чернозема обыкновенного составляет 3,7 % (по Тюрину, ГОСТ 26213-91). Обеспеченность почв подвижными формами азота (нитрификационная способность по Кравкову МУ ЦИНАО) – 10,7 мг/кг почвы. Обеспеченность подвижным фосфором – 15,2 мг/кг (по Мачигину). Содержание обменного калия – 426 мг/кг (по Мачигину). Реакция почвенного раствора 7,18. Баланс питательных элементов определяли по методическим указаниям [12].

Для реализации поставленной цели исследований заложен полевой двухфакторный опыт: фактор А – гибриды кукурузы, В – агрохимикаты и их сочетания. В исследования по фактору А включены следующие гибриды, используемые в производственных условиях хозяйства ООО «Рассвет-1». Росс 199 МВ включен в Государственный реестр в 1997 г. по Северо-Западному (2), Центральному (3), Волго-Вятскому (4), Центрально-Черноземному (5), Средневолжскому (7), Нижневолжскому (8), Уральскому (9), Западно-Сибирскому (10), Дальневосточному (12) регионам России, Республике Беларусь для возделывания на зерно и силос. Двойной межлинейный гибрид относится к группе раннеспелого типа (ФАО 190) с вегетационным периодом 97–98 дней. Краснодарский 385 МВ включен в Государственный реестр в 2005 г. по Северо-Кавказскому (6) и Нижневолжскому (8) регионам России для возделывания на зерно и силос. Двойной межлинейный гибрид среднеспелого типа с вегетационным периодом 114–115 дней (ФАО 380).

Размещение вариантов по делянкам опытного участка рендомизированное [5, 14]. Повторность опыта трехкратная. Посевная площадь делянки – 112 м<sup>2</sup> (5,6 × 20 м), учетная площадь – 76 м<sup>2</sup> (4,2 × 18 м).

Площадь листовой поверхности растений  $S$  определяли по методу Бабицкого и Бадичко, по формуле:

$$S = A \cdot B \cdot 0,75,$$

где  $A$  – длина листа, см;  $B$  – ширина листа, см; 0,75 – поправочный коэффициент.

Фотосинтетический потенциал посева (ФП), чистую продуктивность фотосинтеза (ЧПФ) определяли по методике А. А. Ничипоровича [13] и И. С. Шатилова (1973). Дисперсионный и корреляционный анализы выполняли с помощью программы Agros.

Агротехника выращивания кукурузы на зерно на опытном участке – общепринятая для данной зоны. Предшественником изучаемой культуры была озимая пшеница. В полевых опытах кукурузу выращивали в севообороте по классической технологии, которая предусматривала осеннюю обработку почвы, включающую в себя лущение стерни сразу после уборки предшествующей культуры на глубину 4–6 см орудием К-744 + «БОРС-9». Через 10–14 дней проводили вспашку на глубину 25–



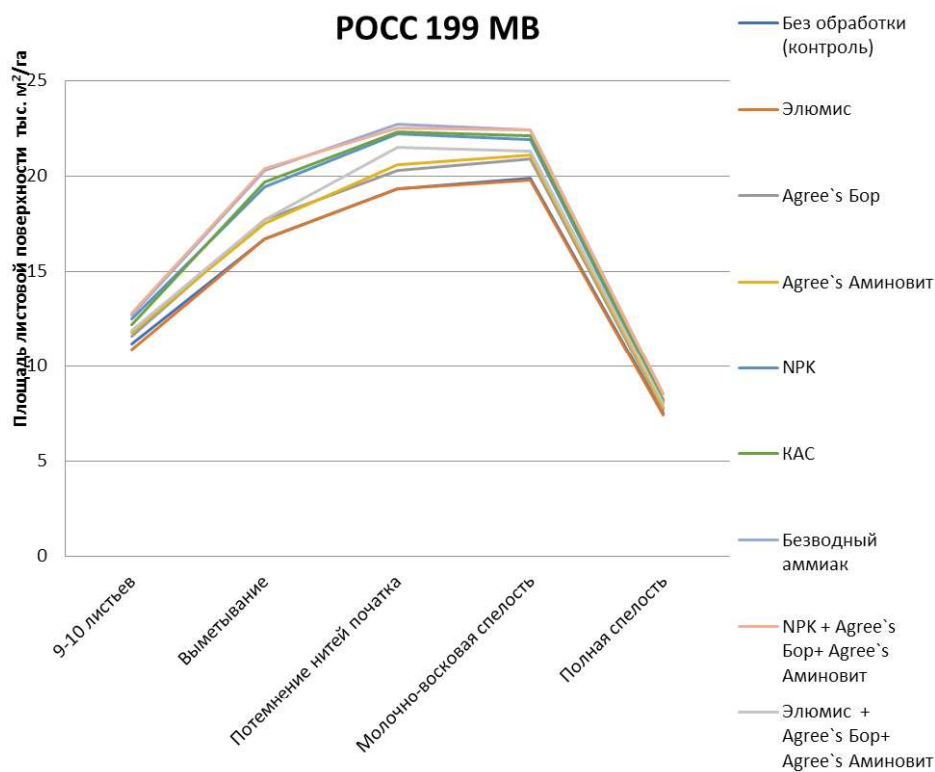


27 см трактором «Кировец» К-7 + ПЛН 8-40. Предпосевная обработка почвы начиналась с весеннего покровного боронования К-744 с бороной СГВ-21 при наступлении физической спелости почвы, поперек вспашки. Через 5–7 дней проводили первую сплошную культивацию трактором «Кировец» К-7 с культиватором Landmaster-12000 на глубину 8–10 см. Минеральные удобрения NP, безводный аммиак, КАС вносили под предпосевную культивацию. Затем осуществляли предпосевную культивацию на глубину 6–8 см трактором «Кировец» К-7 с культиватором Vednar Swifter 10000.

Посев опытных делянок осуществляли трактором «Беларусь 1221.3» с сеялкой Gaspardo SP8 на глубину 6–8 см. При наступлении фазы 3–5 листьев проводили опрыскивание гербицидом Элюмис (2 л/га), а также обработку ростостимулирующими препаратами Agree's Аминовит (1 л/га) и Agree's Бор (1 л/га) самоходным опрыскивателем «Туман-3», из расчета нормы рабочего раствора 200 л/га. Норма высева каждого гибрида была разной в зависимости от ФАО: Росс 199 МВ (ФАО-190) – 70 тыс. шт./га, Краснодарский 385 МВ (ФАО-380) – 64 тыс. шт./га.

**Результаты исследований.** Изучение динамики развития листового аппарата при использовании минеральных удобрений, ростостимулирующих препаратов и гербицида имеет большое значение в выявлении повышения потенциальной продуктивности растений под действием изучаемых факторов [10, 11].

В результате исследований установлено, что в среднем за три года наибольшая площадь листьев у гибрида РОСС 199 МВ была отмечена на варианте с предпосевным внесением безводного аммиака в фазу потемнения нитей початка и составила 22,7 тыс. м<sup>2</sup>/га. К моменту уборки этот показатель снизился до 8,5 м<sup>2</sup>/га (рисунок 1). Превышение опытных данных над контролем (без обработки) в фазу максимального прироста листовой поверхности составило 18 %.



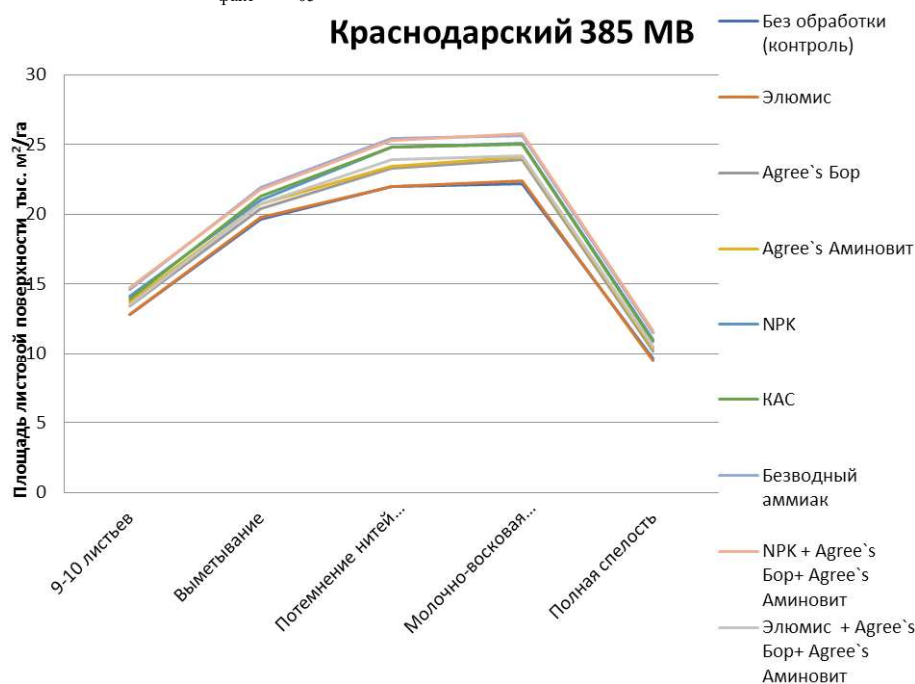
**Рисунок 1** – Динамика площади листовой поверхности в зависимости от применяемых агроприемов у гибрида РОСС 199 МВ в среднем за 2020–2022 гг., тыс. м<sup>2</sup>/га

**Figure 1** – Dynamics of leaf surface area depending on the agricultural practices used for the hybrid ROSS 199 MV on average for 2020–2022, thousand m<sup>2</sup>/ha

Разовое применение агрохимикатов на всех вариантах опыта увеличивало площадь листовой поверхности гибрида Краснодарский 385 МВ по сравнению с контролем. Лучшие результаты достигнуты на вариантах с использованием химических препаратов NP и КАС.

Совместное применение сложного удобрения (NP) и ростостимулирующих препаратов (Agree's Бор, Agree's Аминовит) за годы исследований способствовало нарастанию наибольшей площади листьев у гибрида Краснодарский 385. В фазу молочно-восковой спелости этот показатель составил 25,8 тыс. м<sup>2</sup>/га, что превышало контрольный вариант на 3,6 тыс. м<sup>2</sup>/га (рисунок 2).

Получена тесная корреляционная связь между площадью листовой поверхности гибрида Краснодарский 385 МВ и продуктивностью зерна. Эта прямолинейная зависимость выражена коэффициентом корреляции  $r = 0,93$ ,  $t_{\text{факт}} > t_{0,5}$ .



**Рисунок 2 – Динамика площади листовой поверхности в зависимости от применяемых агроприемов у гибрида Краснодарский 385 МВ в среднем за 2020–2022 гг., тыс. м²/га**

**Figure 2 – Dynamics of leaf surface area depending on the agricultural practices used in the hybrid Krasnodar 385 MV on average for 2020–2022, thousand m²/ha**

Важная роль в фотосинтетической деятельности гибридов кукурузы отводится фотосинтетическому потенциалу. Нашими исследованиями установлено, что фотосинтетический потенциал посевов кукурузы динамично возрастал по мере увеличения площади листьев и достигал максимальных значений в фазу молочно-восковой спелости зерна, а затем значительно снижался в связи с отмиранием листьев и сокращением площади листового аппарата. В 2020 г. данный показатель по гибридам составил 1367–2233 тыс. м² сутки/га; в 2021 г. – 1727–2628 тыс. м² сутки/га; в 2022 г. – 1545–2568 тыс. м² сутки/га. В среднем за годы исследований фотосинтетический потенциал варьировал от 1547 до 2471 тыс. м² сутки/га. Наименьший показатель ФП отмечали у гибрида РОСС 199 МВ. Максимальные значения установлены у гибрида Краснодарский 385 МВ (таблица 1).

Анализируя прямую корреляционную связь в среднем за 3 года между фотосинтетическим потенциалом гибридов кукурузы (РОСС 199 МВ и Краснодарский 385 МВ) и урожайностью зерна, получаем коэффициенты детерминации равные 0,48 и 0,86,  $t_{\text{факт}} = 10,0$ ,  $t_{0,5} = 2,06$ . Это свидетельствует о том, что урожайность зерна на 48–86 % зависит от ФП.

При формировании урожая особое значение имеет величина накопления сухой биомассы. К моменту завершения вегетации гибридов кукурузы ее величина в фазу полной спелости зерна может характеризовать потенциал урожайности (таблица 2).

Так, в 2020 г. сухая биомасса 1 растения кукурузы варьировала по гибридам в интервале 90–175 г; в 2021 г. – 230–345 г; в 2022 г. – 195–275 г. В среднем за годы исследований этот показатель изменялся от 172 до 265 г. За годы исследований наибольшая сухая масса 1 растения была получена при комплексном применении NP + Agree's Бор + Agree's Аминовит у гибрида РОСС 199 МВ (227 г). У гибрида Краснодарский 385 МВ (265 г) этот показатель превышал контрольный вариант на 55 и 73 г соответственно.

Для оценки эффективности работы листового аппарата той или иной сельскохозяйственной культуры используют такой важный показатель, как чистая продуктивность фотосинтеза (таблица 3).

Установлено значительное варьирование показателей чистой продуктивности фотосинтеза у изучаемых гибридов кукурузы в зависимости от вариантов опыта. Так, в 2020 г. ЧПФ изменялась в пределах 3,1–4,7 г/м² сутки; в 2021 г. – 5,9–8,7 г/м² сутки; в 2022 г. – 4,8–6,7 г/м² сутки. В среднем за годы исследований чистая продуктивность гибридов кукурузы составила





4,6–6,7 г/м<sup>2</sup> сутки. Наименьшими значениями ЧПФ по всем годам исследований характеризовался гибрид Краснодарский 385 МВ. Максимальные значения ЧПФ отмечали у раннеспелого гибрида РОСС 199 МВ в связи с более коротким вегетационным периодом.

**Таблица 1 – Фотосинтетический потенциал гибридов кукурузы за период всходы – полная спелость, тыс. м<sup>2</sup> сутки/га (2020–2022 гг.)**

**Table 1 – Photosynthetic potential of corn hybrids for the period of germination - full ripeness, thousand m<sup>2</sup> day/ha (2020–2022)**

Фактор В (агрохимикаты)	Год			Среднее за 2020–2022 гг.
	2020	2021	2022	
<b>РОСС 199 МВ</b>				
Без обработки (контроль)	1402	1727	1559	1563
Элюмис	1367	1728	1545	1547
Agree's Бор	1494	1796	1654	1648
Agree's Аминовит	1500	1813	1670	1661
НРК	1659	1974	1897	1843
КАС	1663	1985	1897	1848
Безводный аммиак	1699	2021	1968	1896
НРК + Agree's Бор + Agree's Аминовит	1670	2076	1943	1896
Элюмис + Agree's Бор + Agree's Аминовит	1511	1898	1641	1683
<b>Краснодарский 385 МВ</b>				
Без обработки (контроль)	1868	2209	2174	2084
Элюмис	1858	2248	2164	2090
Agree's Бор	1950	2348	2309	2202
Agree's Аминовит	1976	2386	2331	2231
НРК	2088	2484	2467	2346
КАС	2071	2505	2463	2346
Безводный аммиак	2105	2546	2568	2406
НРК + Agree's Бор + Agree's Аминовит	2233	2628	2552	2471
Элюмис + Agree's Бор + Agree's Аминовит	1989	2401	2339	2243

**Таблица 2 – Сухая масса 1 растения кукурузы в период полной спелости, г (2020–2022 гг.)**

**Table 2 – Dry weight of 1 corn plant at full ripeness, g (2020–2022)**

Фактор В (агрохимикаты)	Год			Среднее за 2020–2022 гг.
	2020	2021	2022	
<b>РОСС 199 МВ</b>				
Без обработки (контроль)	90	230	195	172
Элюмис	95	235	195	175
Agree's Бор	120	255	205	193
Agree's Аминовит	120	260	205	195
НРК	125	290	225	213
КАС	130	300	220	217
Безводный аммиак	130	295	240	222
НРК + Agree's Бор + Agree's Аминовит	140	295	245	227
Элюмис + Agree's Бор + Agree's Аминовит	135	280	210	208
<b>Краснодарский 385 МВ</b>				
Без обработки (контроль)	110	265	200	192
Элюмис	120	270	200	197
Agree's Бор	140	290	230	220
Agree's Аминовит	145	295	230	223
НРК	160	320	250	243
КАС	160	325	245	243
Безводный аммиак	175	340	275	263
НРК + Agree's Бор + Agree's Аминовит	175	345	275	265
Элюмис + Agree's Бор + Agree's Аминовит	155	315	235	235

**Таблица 3 – Чистая продуктивность фотосинтеза гибридов кукурузы за период всходы – полная спелость, г/м<sup>2</sup> сутки (2020–2022 гг.)**

**Table 3 – Net productivity of photosynthesis of corn hybrids for the period of germination – full ripeness, g/m<sup>2</sup> day (2020–2022)**

Фактор В (агрохимикаты)	Год			Среднее за 2020–2022 гг.
	2020	2021	2022	
<b>РОСС 199 МВ</b>				
Без обработки (контроль)	3,4	7,4	6,6	5,9
Элюмис	3,7	7,6	6,7	6,0
Agree's Бор	4,3	7,9	6,7	6,3
Agree's Аминовит	4,2	8,2	6,5	6,3
НРК	4,0	8,5	6,1	6,2
КАС	4,2	8,7	6,2	6,4
Безводный аммиак	4,1	8,5	6,4	6,3
НРК + Agree's Бор + Agree's Аминовит	4,4	8,3	6,7	6,5
Элюмис + Agree's Бор + Agree's Аминовит	4,7	8,6	6,9	6,7
<b>Краснодарский 385 МВ</b>				
Без обработки (контроль)	3,1	5,9	4,8	4,6
Элюмис	3,4	6,0	4,8	4,7
Agree's Бор	3,8	6,5	5,2	5,2
Agree's Аминовит	3,9	6,5	5,2	5,2
НРК	4,0	6,6	5,2	5,3
КАС	4,1	6,9	5,4	5,8
Безводный аммиак	4,4	7,0	5,8	5,7
НРК + Agree's Бор + Agree's Аминовит	4,1	7,0	5,8	5,6
Элюмис + Agree's Бор + Agree's Аминовит	4,2	7,1	5,4	5,6

Модель фотосинтетической деятельности гибрида кукурузы РОСС 199 МВ на зерно выражается линейным уравнением множественной регрессии:

$$Y = -4,712 - 0,008x_1 - 0,0473x_2 + 0,5807x_3 + 0,0012x_4 - 0,0005x_5 + 0,204x_6.$$

Модель фотосинтетической деятельности гибрида кукурузы Краснодарский 385 МВ:

$$Y = -9,986 + 0,1914x_1 + 0,0003x_2 + 0,1062x_3 - 0,0007x_4 + 0,002x_5 + 0,5715x_6,$$

где  $Y$  – урожайность гибридов, т/га; 1 – густота стояния растений, тыс. шт./га; 2 – длина вегетационного периода, дни; 3 – площадь листьев, тыс. м<sup>2</sup>/га; 4 – сухая биомасса, т/га; 5 – ФП, тыс. м<sup>2</sup> сутки/га; 6 – ЧПФ г/м<sup>2</sup> сутки.  $F_{\text{факт}} = 92,33$ ;  $F_{05} = 3,87$ .

Основным показателем, характеризующим продукционный процесс на основе плодородия почвы и эффективности применения агрохимикатов, является урожайность сельскохозяйственных культур. По нашим данным, на урожайность изучаемых в опыте гибридов кукурузы сильное влияние оказали применяемые агрохимикаты и погодные условия вегетационного периода. Так, в засушливом 2020 г. урожайность на контрольном варианте составила 3,29 и 3,92 т/га. В условиях более влажного вегетационного периода 2022 г. она составила 4,44 и 4,61 т/га. В 2021 г. при благоприятных гидротермических условиях периода вегетации культуры получена наибольшая урожайность зерна на контрольном варианте – 5,03 и 5,72 т/га (таблица 4).

В среднем за три года исследований максимальная урожайность зерна гибридов кукурузы была достигнута на варианте с комплексным внесением сложного удобрения (NP) и ростостимулирующих препаратов (Agree's Бор, Agree's Аминовит). Урожайность зерна раннеспелого гибрида РОСС 199 МВ составила 5,59 т/га, среднеспелого гибрида Краснодарский 385 МВ – 6,15 т/га, что превышало контрольный вариант на 29–32 %.





Таблица 4 – Урожайность кукурузы на зерно в зависимости от изучаемых факторов, т/га (2020–2022 гг.)

Table 4 – Corn yield for grain depending on the factors studied, t/ha (2020–2022)

Фактор В (агрохимикаты)	Год			Среднее за 2020–2022 гг.
	2020	2021	2022	
РОСС 199 МВ				
Без обработки (контроль)	3,29	5,03	4,44	4,25
Элюмис	3,45	5,12	4,67	4,41
Agree's Бор	3,55	5,25	4,82	4,54
Agree's Аминовит	3,60	5,28	5,01	4,63
НРК	3,99	5,86	5,38	5,08
КАС	3,87	5,59	5,23	4,90
Безводный аммиак	4,17	5,77	5,65	5,20
НРК + Agree's Бор + Agree's Аминовит	4,64	6,30	5,82	5,59
Элюмис + Agree's Бор + Agree's Аминовит	3,93	5,88	5,40	5,07
НСР 05	0,674	0,722	0,1490	0,62
<i>F</i>	3,44	5,44	94,29	437,76
Краснодарский 385 МВ				
Без обработки (контроль)	3,92	5,72	4,61	4,75
Элюмис	4,00	5,69	4,77	4,82
Agree's Бор	4,24	6,09	5,16	5,16
Agree's Аминовит	4,38	6,14	5,26	5,26
НРК	5,01	6,60	5,59	5,73
КАС	4,90	6,52	5,66	5,69
Безводный аммиак	4,64	6,43	5,84	5,64
НРК + Agree's Бор + Agree's Аминовит	5,39	6,94	6,13	6,15
Элюмис + Agree's Бор + Agree's Аминовит	5,10	6,57	5,63	5,77
НСР 05	186,43	94,80	0,324	0,064
<i>F</i>	0,113	0,13	24,06	491,16

**Заключение.** При возделывании кукурузы на зерно в условиях Нижнего Поволжья эффективным приемом повышения продуктивности растений является применение минеральных удобрений, ростостимулирующих препаратов и гербицида. Изучаемые агрохимикаты оказали положительное влияние на фотосинтетическую деятельность и урожайность посевов кукурузы.

На основании проведенных наблюдений установлено, что максимальная площадь листовой поверхности в среднем за три года исследований формировалась у гибрида РОСС 199 МВ в период потемнения нитей початка на варианте с внесением безводного аммиака (22,7 тыс. м<sup>2</sup>/га). Минимальную площадь листьев в этот период отмечали на контрольном варианте и на варианте с применением гербицида Элюмис (19,3 тыс. м<sup>2</sup>/га). У гибрида Краснодарский 385 МВ максимальная площадь листьев (25,8 тыс. м<sup>2</sup>/га) сформировалась в фазу молочно-восковой спелости на варианте при совместном применении минеральных удобрений и ростостимулирующих препаратов, что превысило контроль на 3,6 тыс. м<sup>2</sup>/га.

К показателям, характеризующим продукционный процесс гибридов кукурузы, относятся площадь листовой поверхности (22,7–25,8 тыс. м<sup>2</sup>/га), сухая биомасса растений (7,35–8,40 т/га), фотосинтетический потенциал (от 1700 до 2230 тыс. м<sup>2</sup>/га) и чистая продуктивность фотосинтеза (от 4,6 до 6,7 г/м<sup>2</sup> сутки). Наибольший фотосинтетический потенциал и сухую биомассу сформировал гибрид Краснодарский 385 МВ, чистую продуктивность фотосинтеза – гибрид РОСС 199 МВ.

По результатам проведенных исследований приведены модели фотосинтетической деятельности гибридов кукурузы на основе линейного уравнения множественной регрессии.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Адаев Н. Л. Агробиологические основы реализации биоресурсного потенциала кукурузы в Центральной части Северного Кавказа: дис. ... д-ра с-х. наук. Грозный, 2016. 321 с.
2. Анохина Е. К. Продуктивность кукурузы в зависимости от приемов выращивания в условиях лесостепи Среднего Поволжья: автореф. дис. ... канд. с-х. наук. Пенза, 2013. 20 с.

3. Багринцева В. Н., Сухоярская Г. Н. Эффективность аммиачной селитры, аммофоса и нитроаммофоски при возделывании кукурузы // Проблемы агрохимии и экологии. 2008. № 4. С. 24–26.
4. Беляева А. А. Продуктивность кукурузы на зерно в зависимости от приемов возделывания на черноземах Саратовского Правобережья: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Саратов, 2003. 24 с.
5. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
6. Дружкин А. Ф., Беляева А. А. Совершенствование приемов возделывания кукурузы на зерно в Саратовском Правобережье // Аграрный научный журнал. 2015. № 4. С. 8–13.
7. Зерно-силосная продуктивность раннеспелых гибридов кукурузы селекции ГНУ Краснодарский НИИСХ Россельхозакадемии в Северных регионах России / А. И. Супрунов [и др.] // Нива Урала. 2012. № 7-8. С. 11–13.
8. Иняхин А. Г. Влияние средств химизации и регулятора роста на формирование продуктивности кукурузы в условиях Среднего Поволжья: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Пенза, 2013. 22 с.
9. Каргин В. И., Каргин И. Ф., Перов Н. А. Основные вопросы земледелия и проектирование агротехнологий в лесостепи Среднего Поволжья. Саранск : Изд-во Мордов. ун-та, 2009. 312 с.
10. Кудин С. М. Адаптационный потенциал урожая зерна гибридов кукурузы различных групп спелости и приемы их возделывания в условиях лесостепи Среднего Поволжья: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Пенза, 2004. 24 с.
11. Липатов В. И., Бородачев В. Е. Влияние удобрений и норм высева на рост и фотосинтетическую деятельность кукурузы в условиях Мордовии // Урожай и качество продукции растениеводства: межвуз. сб. науч. тр. Саранск : Изд-во Мордов. ун-та, 1985. С. 110–115.
12. Методические указания по определению баланса питательных веществ: азота, фосфора, калия, гумуса, кальция. М. : Изд-во ЦИНАО, 2000. 40 с.
13. Ничипорович А. А. Фотосинтез и теория получения высоких урожаев. М.: Изд-во АН СССР, 1961. 93 с.
14. Основы научных исследований в растениеводстве и селекции : учеб. пособие / А. Ф. Дружкин [и др.]. Саратов, 2013. 264 с.
15. Семина С. А., Иняхин А. Г. Влияние условий выращивания на продуктивность фотосинтеза и урожайность кукурузы // Нива Поволжья. 2013. № 1(26). С. 35–39.

## REFERENCES

1. Adaev N. L. Agrobiological foundations for the implementation of the bioresource potential of corn in the Central part of the North Caucasus: PhD dissertation. Grozny; 2016. 321 p. (In Russ.).
2. Anokhina E. K. Corn productivity depending on cultivation methods in the forest-steppe conditions of the Middle Volga region: abstract of PhD dissertation. Penza; 2013. 20 p. (In Russ.).
3. Bagrintseva V. N., Sukhoyarskaya G. N. Efficiency of ammonium nitrate, ammophos and nitroammophoska when cultivating corn. *Problems of Agrochemistry and Ecology*. 2008;(4):24–26. (In Russ.).
4. Belyaeva A. A. Productivity of corn for grain depending on cultivation methods on chernozems of the Saratov Right Bank: thesis of PhD dissertation. Saratov; 2003. 24 p. (In Russ.).
5. Dospheov B. A. Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results). Moscow, 1985. 351 p. (In Russ.).
6. Druzhkin A. F., Belyaeva A. A. Improving methods of cultivating corn for grain in the Saratov Right Bank. *Agrarian Scientific Journal*. 2015;(4):8–13. (In Russ.).
7. Grain and silage productivity of early maturing corn hybrids selected by GNU Krasnodar Research Institute of Agriculture of the Russian Agricultural Academy in the Northern regions of Russia / A. I. Suprunov et al. *Niva Urala*. 2012; (7–8):11–13. (In Russ.).
8. Inyakhin A. G. The influence of chemicalization agents and growth regulators on the formation of corn productivity in the conditions of the Middle Volga region: abstract of PhD dissertation. Penza; 2013. 22 p. (In Russ.).
9. Kargin V. I., Kargin I. F., Perov N. A. Basic issues of agriculture and design of agricultural technologies in the forest-steppe of the Middle Volga region. Saransk, 2009. 312 p. (In Russ.).
10. Kudin S. M. Adaptation potential of grain yield of corn hybrids of different ripeness groups and methods of their cultivation in the forest-steppe conditions of the Middle Volga region: a abstract of PhD dissertation. Penza; 2004. 24 p. (In Russ.).
11. Lipatov V. I., Borodachev V. E. The influence of fertilizers and seeding rates on the growth and photosynthetic activity of corn in the conditions of Mordovia. *Harvest and Quality of Crop Production*. Saransk, 1985:110–115. (In Russ.).
12. Guidelines for determining the balance of nutrients: nitrogen, phosphorus, potassium, humus, calcium. Moscow; 2000. 40 p. (In Russ.).
13. Nichiporovich A. A. Photosynthesis and the theory of obtaining high yields. Moscow, 1961. 93 p. (In Russ.).
14. Fundamentals of scientific research in plant growing and selection: textbook. allowance / A.F. Druzhkin et al. Saratov; 2013. 264 p. (In Russ.).
15. Semina S. A., Inyakhin A. G. The influence of growing conditions on the productivity of photosynthesis and the yield of corn. *Volga Region Farmland*. 2013;1(26):35–39. (In Russ.).

Статья поступила в редакцию 02.03.2024; одобрена после рецензирования 08.04.2024; принята к публикации 15.04.2024.  
The article was submitted 02.03.2024; approved after reviewing 08.04.2024; accepted for publication 15.04.2024.

