

**ДЕЙСТВИЕ РАЗЛИЧНЫХ ДОЗ И СПОСОБОВ  
ВНЕСЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ  
НА СОДЕРЖАНИЕ В ПОЧВЕ АЗОТА  
ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ КУКУРУЗЫ  
НА СИЛОС**

**А. И. Невзоров, Е. В. Пальчиков**

*ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный  
аграрный университет», г. Мичуринск, Россия*

*Рецензент д-р техн. наук, профессор Н. С. Попов*

**Ключевые слова:** кукуруза; минеральные удобрения; урожайность.

**Аннотация:** Рассмотрены вопросы зависимости урожайности кукурузы на силос и содержания азота в почве от различных доз и способов внесения удобрений.

Кукуруза – одна из основных культур современного мирового земледелия, возделывание которой по технологиям, обеспечивающим получение стабильно высоких урожаев с хорошими показателями качества продукции, невозможно без применения удобрений и агротехники высокого уровня.

В статье представлены исследования, проводившиеся в 2009 – 2015 гг. в учхозе-племязаводе «Комсомолец» и на областной Тамбовской сельскохозяйственной опытной станции. Почва опытного участка – выщелоченный чернозем тяжелосуглинистого механического состава; мощность пахотного слоя 25...30 см; общая скважность 49...52 %, объемная масса в слое 0...20 см 1,00...1,20 г/см<sup>3</sup>. Предельная полевая влагоемкость метрового слоя почвы 28,6...28,7 %; содержание гумуса – 5,6 %; обменного фосфора – 5,1...6,6 мг/100 г почвы; обменного калия – 9,7...11,4 мг/100 г почвы; pH – 5,0...5,3; Нг – 7,6...8,2 мг-экв/100 г почвы. Рельеф участка равнинный. Кукуруза выращивалась в севообороте, предшественник – озимая пшеница, идущая по чистому пару. Для исследования взяты ранне-

---

Невзоров Андрей Иванович – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агрохимии, почвоведения и агроэкологии; Пальчиков Евгений Владимирович – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агрохимии, почвоведения и агроэкологии, e-mail: evgeniy.palchikov.79@yandex.ru, ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет», г. Мичуринск, Россия.

спелые гибриды, норма высева – 40 кг/га. Ширина междурядий – 45 см. Количество растений на гектаре 88...90 тыс. (четыре на погонный метр). Опыты закладывались в четырехкратной повторности. Размеры посевной делянки 200 м<sup>2</sup>, учетной – 136,8 м<sup>2</sup>.

Схема опыта:

- |   |   |
|---|---|
| 1. Контроль без удобрений (N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub> ) | 6. N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + N <sub>30</sub>  |
| 2. N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>                        | 7. N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>                    |
| 3. N <sub>60</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>                        | 8. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + N <sub>30</sub>  |
| 4. N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub> + N <sub>30</sub>      | 9. N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>                   |
| 5. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>                        | 10. N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + N <sub>30</sub> |

Применялись следующие виды удобрений. Под вспашку чистого пара в качестве основного вида удобрений внесены минеральные удобрения: аммиачная селитра (N – 34,3 %); двойной суперфосфат (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 46 %); калийная соль (K<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 40 %). Подкормка проводилась аммиачной селитрой.

Повышение урожайности кукурузы при сужении междурядий до 45 см обусловлено увеличением количества рядков на 37 %. Оптимизирована индивидуальная площадь питания растений за счет более рациональной структуры посева, улучшены условия освещенности и водообеспеченности растений, ослаблено прямое испарение влаги за счет более быстрого смыкания рядков и увеличения почвенного покрытия равномерно размещенными растениями кукурузы, что свидетельствует о высокой почвозащитной эффективности посевов кукурузы с суженными междурядьями. Данные посева можно считать эрозионно-устойчивой модификацией в сравнении с традиционной шириной междурядий – 70 см [1].

В почвенном растворе нитраты не образуют каких-либо малорастворимых солей обладая высокой подвижностью как в вертикальном, так и горизонтальном направлениях. Под действием осенне-зимних осадков они опускаются вниз по профилю почвы, а весной под действием испарения влаги и роста корневой системы растений снова поднимаются в верхние горизонты почвы. Для характеристики азотного режима почвы недостаточно учитывать содержание азота только в пахотном слое и принимать его количество за показатель уровня азотного питания растений. Данные сведения ошибочны в отношении типичных черноземов с их метровой толщиной гумусового горизонта, с высоким содержанием органического вещества по всему профилю, с хорошими физическими свойствами почвы. Корни растений на такой почве хорошо проникают в глубину. Р. Ф. Макаров установил, что около 50 % минерального азота размещается в пахотном (30 см) слое почвы. Он считал, что определение аммиачного и нитратного азота в данном слое позволяет судить об обеспеченности растений азотом.

По данным Д. Н. Прянишникова, аммиачный азот, как и нитраты, является непосредственной, вполне доступной формой азотного питания растений. Азотное минеральное питание, уровень которого связан с содержанием в почве нитратного и аммиачного азота, не определяется напрямую потенциальным плодородием почвы (в данном случае наших черноземов). Относительное содержание азота аминокислот в пахотном слое изменяется в направлении, противоположном развитию процессов гумификации, то есть минимальном в типичных черноземах. Данное явление

ние связано, с усилением процессов вовлечения аминокислот в реакции конденсации, протекающие наиболее интенсивно в рассматриваемом под- типе чернозема и ведущие к образованию ядра гуминовых кислот. Доля негидролизуемых соединений в составе азотного фонда возрастает. Очевидным тот факт, что в черноземах, обладающих высоким валовым запасом гумуса и азота, в первом минимуме среди элементов питания находится азот. Поэтому изучение азотного режима черноземов и влияния на него применения удобрений имеет важное значение для повышения продуктивности пашни [2, 3].

При благоприятных погодных условиях выщелоченные черноземы отличаются высокой нитрификационной способностью и могут накапливать значительное число нитратов. С повышением окультуренности и плодородия почв содержание в них минеральных соединений и гидролизуемых фракций азота возрастает. Легко гидролизуемый азот количественно устойчив. Он лишь частично используется растениями и этим объясняется неустойчивая зависимость урожая от содержания гидролизуемого азота в почве. Таким образом, под влиянием растений и длительным применением удобрений, содержание азота в метровом слое почвы изменяется: без удобрений оно снижается, а при внесении удобрений повышается. В отличие от нитратов, аммиачного азота в выщелоченном черноземе накапливается мало, иногда он обнаруживается в виде следов, т.к. аммоний быстро нитрифицируется, энергично поглощается растениями, микроорганизмами и почвой. Глубина перемещения минерального азота по профилю почвы зависит от количества осадков и их распределения по времени, механического состава, окультуренности почвы, условий минерализации органических соединений и интенсивности потребления азота растениями. Поэтому о доступном азоте существуют различные мнения не только в отношении глубины определения, но и его форм [3]. Аммиачный азот содержится преимущественно в верхних слоях почвы и гораздо слабее перемещается по профилю, чем нитраты.

Определено содержание аммиачного и нитратного азота в почве под кукурузой в течение вегетации в фазы двух-трех, пяти-шести, восьми-десяти листьев, в период цветения и перед уборкой (молочно – восковое состояние зерна). В тексте приводятся средние результаты определения азота. Результаты опытов показали, что содержание аммиачного азота в разных фазах вегетации неодинаково. За годы исследований аммиачного азота в почве на контроле в разные фазы развития растений содержалось от 0,64 перед уборкой в 2009 г. до 5,58 мг/кг в фазу пяти-шести листьев в слое 0...30 см (табл. 1). В среднем за время исследования содержание аммиачного азота снизилось на контроле за время вегетации с 6,14 до 2,14 мг/кг. Внесение удобрений увеличило содержание в фазе двух–трех листьев на 0,27...1,98 мг/кг, но к концу вегетации разница по вариантам снизилась до 0,34...1,67 мг/кг. Наибольшее содержание аммиачного азота отмечено при внесении 120 кг/га азота на 8,04 кг/га.

Содержание нитратного азота изменялось под влиянием вносимых удобрений. Если на контроле содержалось от 1,16 до 8,35 мг/кг, то при внесении  $N_{30}P_{30}K_{30}$  содержание повышалось от 1,35 до 9,62 мг/кг или на 0,57 мг/кг (12 %). При дальнейшем увеличении дозы азота ( $N_{60}P_{60}K_{60}$ ,

N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>, N<sub>120</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>) содержание нитратного азота в фазу молочно-восковой спелости составило соответственно 1,94, 2,90 и 2,68 и в фазу двух–трех листьев, 10,48; 11,27 и 11,32 мг/кг соответственно, что на 2,13; 2,92 и 2,97 мг/кг или на 25, 35 и 36 % больше контроля.

Таблица 1

**Содержание аммиачного и нитратного азота в почве в разные фазы развития кукурузы, в мг/кг**

Варианты	Фазы развития									
	два-три листа		пять-шесть листьев		восемь-десять листьев		цветение		молочно-восковая спелость	
	NH <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	NO <sub>3</sub>
1. Контроль б/у	6,14	8,350	4,23	4,68	4,35	4,71	3,12	2,11	2,14	1,16
2. N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	6,41	9,620	4,85	5,25	4,63	5,08	3,41	2,34	2,48	1,35
3. N <sub>60</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	7,98	10,34	5,20	5,85	5,05	5,36	3,61	2,95	2,73	1,80
4. N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub> + N <sub>30</sub>	6,43	9,710	5,42	5,91	5,38	5,51	3,74	3,01	3,12	2,12
5. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	7,97	10,48	5,55	6,44	5,24	6,04	3,97	3,39	3,37	1,94
6. N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + N <sub>30</sub>	6,50	9,800	5,71	6,73	5,41	6,30	3,80	3,41	3,49	2,30
7. N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	7,81	11,27	5,98	6,84	5,69	6,38	4,79	3,91	3,67	2,90
8. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + N <sub>30</sub>	7,98	9,890	5,26	5,87	4,83	5,08	3,54	2,29	2,52	1,59
9. N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	8,04	11,32	6,11	6,94	5,78	6,49	4,21	3,82	3,81	2,68
10. N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + N <sub>30</sub>	7,61	11,31	6,08	6,82	5,70	6,44	4,11	3,95	3,77	2,89

Таблица 2

**Урожайность зеленой массы кукурузы, в ц/га**

Варианты	Средняя урожайность, ц/га	Прибавка	
		ц/га	%
1. Контроль б/у	294,5	0,000	0,00
2. N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	352,6	58,10	20,5
3. N <sub>60</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub>	390,8	96,30	33,9
4. N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> K <sub>30</sub> + N <sub>30</sub>	421,6	127,1	44,8
5. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	433,0	138,8	48,8
6. N <sub>30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + N <sub>30</sub>	475,0	180,8	63,6
7. N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	457,4	163,2	55,4
8. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + N <sub>30</sub>	486,6	192,1	65,2
9. N <sub>120</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	506,5	212,0	71,9
10. N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + N <sub>30</sub>	534,7	240,2	81,5

Наименьшая существенная разность – 17,3 ц/га.

Следует отметить, что содержание нитратного азота в почве в среднем, существенно не отличается при разных способах внесения азотных удобрений. При внесении удобрений в дозах  $N_{120}P_{60}K_{60}$  содержание нитратного азота составило 5,60 мг/кг, при внесении  $N_{90}P_{60}K_{60} + N_{30}$  – 5,67 мг/кг, что находится в пределах ошибки опыта (табл. 2).

Суммарное содержание нитратного и аммиачного азота в почве в фазу восемь-десять листьев (период максимального потребления азота) составило на контроле 9,06 мг/кг, то есть 29,1 кг/га. Учитывая, что в пахотном горизонте содержится 50 % минерального азота почвы, считаем, что его содержание ~ 60 кг/га; в удобренных почвах – от 9,71 мг/кг до 12,27 мг/кг, (64...75 кг/га).

В период цветения обеспеченность азотом снизилась до критической – 33 кг/га на контроле и до 38 – во варианте № 2 и не оказала отрицательного влияния на урожайность зеленой массы кукурузы. Внесение удобрений заметно влияет на урожайность зеленой массы кукурузы, которая на контроле в среднем за годы исследований – 294,5 ц/га, при внесении удобрений в дозе  $N_{30}P_{30}K_{30}$  – возрастала до 352,6 ц/га. С увеличением доз азотных удобрений урожай увеличивался до 96...240 ц/га или 34...81 %.

Дробное использование азота в качестве основного удобрения и подкормки заметно повысило урожай по сравнению с основным внесением всей дозы азота. Возможно, при внесении всей дозы под культивацию заметно повышается концентрация почвенного раствора, что плохо переносится проростками и молодыми растениями кукурузы [4, 5].

#### Список литературы

1. Багринцева, В. Н. Влияние видов удобрений на урожайность кукурузы / В. Н. Багринцева, Г. Н. Сухоярская // Кукуруза и сорго. – 2010. – № 4. – С. 12 – 14.
2. Грабовский, М. И. Восстановление и усвоение азота растениями кукурузы на возрастающих уровнях азотного питания / М. И. Грабовский // Тр. ВИУА. – 1981. – Вып. 60. – С. 23 – 31.
3. Прянишников, Д. Н. Избранные сочинения. Т. 1 : Агрохимия : избранные сочинения / Д. Н. Прянишников. – М. : Колос, 1965. – 767 с.
4. Белоголовцев, В. П. Эффективность азотных и фосфорных удобрений под кукурузу на почвах разной степени обеспеченности подвижным фосфором : сб. науч. тр. / В. П. Белоголовцев. – Саратов : СГАУ, 2002. – С. 70 – 75.
5. Агафонов, Е. В. Применение удобрений под гибриды кукурузы разного срока созревания / Е. В. Агафонов, А. А. Батаков // Кукуруза и сорго. – 2000. – № 3. – С. 6–7.

#### References

1. Bagrintseva V.N., Sukhoyarskaya G.N. [Effect types of fertilizers on the yields of corn], *Kukuruz a i sorgo* [Corn and sorghum], 2010, no. 4, pp. 12-14. (In Russ.)
2. Grabovskii M.I. [Restoration and uptake of nitrogen by plants corn on increasing levels of nitrogen nutrition], *Trudy VIUA* [Proceedings VIUA], 1981, ussue 60, pp. 23-31. (In Russ.)
3. Pryanishnikov D.N. *Izbrannye sochineniya. T. 1 : Agrokhimiya : izbrannye sochineniya* [Selected works. T. 1 : Agrochemicals : Selected Works], Moscow: Kolos, 1965, 767 p. (In Russ.)

4. Belogolovtsev V.P. *Effektivnost' azotnykh i fosfornykh udobrenii pod kukuruzu na pochvakh raznoi stepeni obespechennosti podvizhnym fosforom : sb. nauchn. tr* [The efficiency of nitrogen and phosphate fertilizers for maize in soils varying degrees of mobile phosphorus : Proceedings], Saratov: SGAU, 2002, pp. 70-75. (In Russ.)

5. Agafonov E.V., Batakov A.A. [The use of fertilizers for maize hybrids of different ripening], *Kukuruzu i sorgo* [Corn and sorghum], 2000, no. 3, pp. 6-7. (In Russ.)

---

**The Effect of Various Doses and Methods of Application  
of Mineral Fertilizers on Nitrogen Content  
in the Soil when Growing Corn for Silage**

**A. I. Nevzorov, E. V. Palchikov**

*Michurinsk State Agrarian University, Michurinsk, Russia*

**Keywords:** corn; mineral fertilizers; productivity.

**Abstract:** The article examines the dependence of yield of corn silage and nitrogen content in soil from different doses and methods of fertilizer application.

---

© А. И. Невзоров, Е. В. Пальчиков, 2016