

УДК 633.15:[631.86+631.82] (476.6)

## **ВЛИЯНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ И МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ФОРМИРОВАНИЕ УРОЖАЯ ЗЕРНА КУКУРУЗЫ**

**А.А. Дудук, А.В. Болондзь**

УО «Гродненский государственный аграрный университет»  
г. Гродно, Республика Беларусь, 230008

***Аннотация.** На дерново-подзолистой супесчаной почве для получения урожайности зерна кукурузы на уровне 75-80 ц/га требуется сформировать к фазе молочной спелости площадь листовой поверхности 50 тыс. м<sup>2</sup>/га, обеспечить формирование фотосинтетического потенциала посевов и чистую продуктивность фотосинтеза в период выметывание – молочная спелость 1,5 млн. м<sup>2</sup> сутки/га и 4,2 г/м<sup>2</sup> сутки, что обеспечивается при внесении 80 т/га навоза и N<sub>120</sub>P<sub>40</sub>K<sub>90</sub>.*

***Summary.** To receive the productivity of maize's at a level of 75-80 c/h the square of leaf area is required to form in phase of milk stage of 50 000 m<sup>2</sup>/h. To ensure the creation of photosynthetic potential of crops and net productivity of photosynthesis in period of tasseling milky ripeness of 1,5 million m<sup>2</sup> in a day on hectare and 4,2 gram of m<sup>2</sup> in a day that is ensured at depositing of 80 tons of manure on hectare and N<sub>120</sub>P<sub>40</sub>K<sub>90</sub> on sod-podzol loamy-sandy soil.*

**Введение.** Кукуруза – основная зерновая культура в мире, которая занимает первое место по урожайности и валовым сборам. Средняя урожайность зерна ее в мире за 2002-2006 годы составила 44,8 ц/га, в нашей стране – 39,6 ц/га. Кукуруза относится к культурам, требовательным к наличию в почвенно-поглощающем комплексе достаточного количества доступных элементов питания на протяжении всего периода вегетации. Применение органических и минеральных удобрений оказывает положительное влияние на формирование урожая зерна [4, 5].

В основе формирования урожайности лежит фотосинтетическая деятельность растений, в процессе которой создается 90-95% сухого вещества. Интенсивное использование удобрений ведет, прежде всего, к увеличению суммарных размеров и периода активной жизнедеятельности фотосинтетической поверхности посева – площади листьев и, следовательно, более полному использованию ими приходящей энергии солнечного света [1, 2, 3].

**Цель исследований.** Наши исследования предусматривали определение зависимости урожайности зерна кукурузы от фотосинтетической активности растений и накопления биомассы на различных фонах питания.

**Материалы и методика исследований.** Исследования были выполнены на дерново-подзолистой супесчаной почве, подстилаемой моренным суглинком с глубины 0,5 м, в 2002-2004 гг. на опытном поле Гродненского государственного аграрного университета. Агрохимические показатели опытного участка: рН (в КСl) – 5,9-6,2, содержание гумуса 1,94-2,00%, подвижных форм  $P_2O_5$  – 260-300 и подвижного калия – 160-175 мг/кг почвы. Схема опыта представлена в таблице 5. Кукурузу высевали в звене севооборота: однолетние травы – озимое триткале – кукуруза на зерно. Для посева использовали гибрид Бемо 181 СВ. Органические удобрения вносили весной под вспашку, а минеральные – под предпосевную культивацию, часть азотных удобрений в дозе 30 кг/га д.в. согласно схеме опыта вносили в подкормку в фазе 4-5 листьев.

Площадь листьев и прирост сухого вещества определяли в пробе из 10 среднетипичных растений по основным фазам развития: 3-4 листа, 6-7 листьев, выметывание, молочная спелость.

Метеорологические условия в годы проведения исследований существенно различались, что сказалось на фотосинтетической активности посевов и формировании урожайности зерна кукурузы: вегетационный период 2002 г. был жарким и засушливым; 2003 г. отличался умеренным выпадением осадков и близким к среднепогодным значениям температурным режимом, а 2004 г. – холодной и достаточно влажной погодой.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Влияние удобрений на формирование ассимиляционной поверхности посевов кукурузы в начале вегетации было незначительным (таблица 1). Площадь листьев растений в среднем за три года в варианте без удобрений составляла в фазе выметывания (27,1 тыс.  $m^2/га$ ) и молочной спелости (32,8 тыс.  $m^2/га$ ). Применение органических и минеральных удобрений увеличивало нарастание листовой поверхности в фазе выметывания в 1,7 и молочной спелости – 1,6 раза. При внесении органических удобрений в дозах 40, 80 и 120 т/га площадь листьев составляла 28,9; 33,1; 37,2 тыс.  $m^2/га$  в фазе выметывания и 36,6; 39,7; 43,2 тыс.  $m^2/га$  в фазе молочной спелости, соответственно. Использование минеральных удобрений в дозах  $N_{120}P_{40}K_{90}$  обеспечивало прирост листовой поверхности в фазе выметывания до 31,9 тыс.  $m^2/га$ , а на фоне 40 т/га навоза – на 10,0 тыс.  $m^2/га$ , 80 т/га – на 15,4 тыс.  $m^2/га$ , 120 т/га – на 17,7 тыс.  $m^2/га$  по сравнению с вариантом без внесения удобрений. В фазе молочной спелости площадь листьев от применения  $N_{120}P_{40}K_{90}$  увеличивалась до 40,8 тыс.  $m^2/га$ . При совместном внесении  $N_{120}P_{40}K_{90}$  и 40 т/га органических удобрений площадь листовой поверхности со-

ставляла 45,3 тыс. м<sup>2</sup>/га, а при дальнейшем повышении доз навоза до 80 и 120 т/га она достигала 50,5 и 53,1 тыс. м<sup>2</sup>/га.

Таблица 1 – Динамика нарастания листовой поверхности и накопления биомассы по фазам роста и развития кукурузы (среднее 2002-2004 гг.)

Варианты	Листовая поверхность, тыс. м <sup>2</sup> /га				Биомасса, ц/га сухого вещества			
	3-4 листа	6-7 листьев	выметывание	молочная спелость	3-4 листа	6-7 листьев	выметывание	молочная спелость
Без удобрений	0,5	3,6	27,1	32,8	1,2	2,0	29,8	49,7
N <sub>120</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub>	0,6	4,8	31,9	40,8	1,4	2,6	43,1	87,8
Навоз, 40 т/га – фон 1	0,5	4,1	28,9	36,6	1,3	2,3	34,9	69,2
Фон 1 + N <sub>120</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub>	0,6	5,5	37,1	45,3	1,4	2,8	52,2	109,8
Навоз, 80 т/га – фон 2	0,6	5,0	33,1	39,7	1,4	2,7	44,8	92,3
Фон 2 + N <sub>120</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub>	0,7	6,3	42,5	50,5	1,5	3,2	63,7	125,6
Навоз, 120 т/га – фон 3	0,6	5,3	37,2	43,2	1,4	2,7	49,4	101,6
Фон 3 + N <sub>120</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub>	0,7	6,2	44,8	53,1	1,5	3,2	66,2	130,8

Наиболее интенсивное накопление сухого вещества отмечалось от фазы 6-7 листьев и достигало максимума в фазе молочной спелости. Применение изучаемых систем удобрений способствовало увеличению накопления биомассы. При минеральной системе удобрения кукурузы (N<sub>120</sub>P<sub>40</sub>K<sub>90</sub>) накопление сухого вещества в фазе молочной спелости составило 87,8 ц/га. За счет внесения 40 т/га навоза накопление сухого вещества увеличивалось на 19,5 ц/га, а при увеличении доз органических удобрений до 80 и 120 т/га навоза – на 42,6 и 51,9 ц/га. Совместное применение органических (40, 80 и 120 т/га) и минеральных (N<sub>120</sub>P<sub>40</sub>K<sub>90</sub>) удобрений повышало урожай биомассы на 22,0; 37,8 и 43,0 ц/га соответственно. Максимальный сбор сухого вещества (130,8 ц/га) отмечался при внесении N<sub>120</sub>P<sub>40</sub>K<sub>90</sub> на фоне 120 т/га навоза.

Наиболее полно действие удобрений на формирование урожайности оценивается по размерам фотосинтетического потенциала посевов, который зависел от применения органических и минеральных удобрений и продолжительности межфазного периода.

Максимальный фотосинтетический потенциал отмечался в период «выметывание – молочная спелость», что связано с формированием в это время наибольшей ассимиляционной поверхности (таблица 2). При внесении N<sub>120</sub>P<sub>40</sub>K<sub>90</sub> фотосинтетический потенциал составил 1453,4 тыс. м<sup>2</sup> сутки/га, что на 276,6 тыс. м<sup>2</sup> сутки/га больше по сравнению с вариантом без удобрений. За счет применения органических

удобрений (40-120 т/га) данный показатель увеличивался на 229,1-296,1 тыс. м<sup>2</sup> сутки/га. Наибольший фотосинтетический потенциал (1709,8 тыс. м<sup>2</sup> сутки/га) отмечался при комбинированной системе удобрений (120 т/га навоза + N<sub>120</sub>P<sub>40</sub>K<sub>90</sub>).

Таблица 2 – Фотосинтетический потенциал и чистая продуктивность фотосинтеза посевов кукурузы (среднее 2002-2004 гг.)

Варианты	Фотосинтетический потенциал посевов, тыс. м <sup>2</sup> сутки/га			Чистая продуктивность фотосинтеза, г/м <sup>2</sup> сутки		
	3-4 – 6-7 листьев	6-7 листьев – выметывание	выметывание – молочная спелость	3-4 – 6-7 листьев	6-7 листьев – выметывание	выметывание – молочная спелость
Без удобрений	40,3	525,5	1176,8	2,1	5,3	1,7
N <sub>120</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub>	52,4	586,4	1453,4	2,4	6,9	3,1
Навоз, 40 т/га – фон 1	43,7	552,4	1405,9	2,3	5,9	2,5
Фон 1 + N <sub>120</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub>	58,8	664,6	1578,1	2,4	7,4	3,7
Навоз, 80 т/га – фон 2	54,7	620,5	1417,4	2,4	6,8	3,4
Фон 2 + N <sub>120</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub>	67,8	698,1	1486,5	2,4	8,7	4,2
Навоз, 120 т/га – фон 3	58,2	672,1	1472,9	2,4	7,0	3,6
Фон 3 + N <sub>120</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub>	68,1	755,3	1709,8	2,4	8,4	3,8

Результирующим показателем продукционного процесса является чистая продуктивность фотосинтеза. Значение данного показателя в значительной степени изменялось в течение вегетации в зависимости от фазы роста и развития растений, а также от количества вносимых удобрений и достигала максимума (5,3-8,7 г/м<sup>2</sup> сутки) в период наиболее интенсивного накопления биомассы (6-7 листьев – выметывание). Период самой высокой продуктивности фотосинтеза не совпадал с периодом формирования максимальной площади листьев. Применение минеральных удобрений (N<sub>120</sub>P<sub>40</sub>K<sub>90</sub>) обеспечило ее повышение в этот период на 1,6 г/м<sup>2</sup> сутки. Использование органических удобрений увеличивало чистую продуктивность фотосинтеза на 0,6-1,7 г/м<sup>2</sup> сутки. В период «выметывание – молочная спелость» суточные приросты сухой массы кукурузы снижались до 1,7-4,2 г/м<sup>2</sup> сутки. Чистая продуктивность фотосинтеза достигла наибольших значений в периоды 6-7 листьев – выметывание и выметывание – молочная спелость при внесении 80 т/га навоза и N<sub>120</sub>P<sub>40</sub>K<sub>90</sub> и составила соответственно 8,7 и 4,2 г/м<sup>2</sup> сутки. Дальнейшее повышение дозы навоза до 120 т/га приводило к увеличению площади листьев, что привело к ухудшению их

освещенности вследствие затенения и снижению интенсивности фотосинтеза.

Уровень фотосинтетической активности растений и накопление биомассы определяли урожайность зерна кукурузы. В среднем за три года исследований за счет естественного плодородия почвы на контрольном варианте урожайность кукурузы составила 27,3 ц/га зерна (таблица 3).

Таблица 3 – Влияние удобрений на урожайность зерна кукурузы (среднее 2002-2004 гг.)

Варианты	Урожайность, ц/га	Прибавка, ц/га		Окупаемость, кг	
		от орг.уд.	от NPK	1 т орг.уд.	1 кг NPK
1. Без удобрений (контроль)	27,3	-	-	-	-
2. N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub>	40,3	-	13,0	-	6,8
3. N <sub>90</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub>	44,7	-	17,4	-	7,9
4. N <sub>120</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub>	50,0	-	22,7	-	9,1
5. N <sub>150</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub>	52,8	-	25,5	-	9,1
6. N <sub>120+30</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub>	55,6	-	28,3	-	10,1
7. Навоз 40 т/га – фон 1	39,7	12,4	-	31,0	-
8. Фон 1+N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub>	52,4	12,1	12,7	30,3	6,7
9. Фон 1+N <sub>90</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub>	58,1	13,4	18,4	33,5	8,4
10. Фон 1+N <sub>120</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub>	62,3	12,3	22,6	30,8	9,0
11. Фон 1+N <sub>150</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub>	63,9	11,1	24,2	27,8	8,6
12. Фон 1+N <sub>120+30</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub>	66,3	10,7	26,6	26,8	9,5
13. Навоз 80 т/га – фон 2	52,7	25,4	-	31,8	-
14. Фон 2+N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub>	65,5	25,2	12,8	31,8	6,7
15. Фон 2+ N <sub>90</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub>	71,5	26,8	18,8	33,5	8,5
16. Фон 2+N <sub>120</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub>	75,3	25,3	22,6	31,6	9,0
17. Фон 2+ N <sub>150</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub>	75,8	23,0	23,1	28,8	8,3
18. Фон 2+N <sub>120+30</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub>	75,2	19,6	22,5	24,5	8,0
19. Навоз 120 т/га – фон 3	62,0	34,7	-	28,9	-
20. Фон 3+N <sub>60</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub>	72,0	31,7	10,0	26,4	5,3
21. Фон 3+N <sub>90</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub>	76,9	32,2	14,9	26,8	6,8
22. Фон 3+N <sub>120</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub>	78,6	28,6	16,6	23,8	6,6
23. Фон 3+N <sub>150</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub>	77,2	24,4	15,2	20,3	5,4
24. Фон 3+N <sub>120+30</sub> P <sub>40</sub> K <sub>90</sub>	78,8	23,2	16,8	19,3	6,0
НСР <sub>05</sub>	2,1				

Внесение органических удобрений и увеличение их доз от 40 до 120 т/га обеспечивало существенное повышение урожайности на 12,4-34,7 ц/га зерна, окупаемость 1 тонны органических удобрений возрастала при увеличении доз навоза до 80 т/га и составила 31,8 кг зерна. На

чисто минеральном фоне питания  $P_{40}K_{90}$  применение возрастающих доз азота до 150 кг/га д.в. способствовало повышению урожайности в среднем за три года исследований до 52,8 ц/га. Однако более высокая урожайность зерна кукурузы 55,6 ц/га была получена при внесении азотных удобрений в два срока –  $N_{120}$  в предпосевную культивацию и  $N_{30}$  в корневую подкормку в фазу 4-5 листьев. Прибавка урожайности по сравнению с разовым внесением всей дозы составила 2,8 ц/га, окупаемость 1 кг NPK при этом увеличивалась в среднем с 9,1 до 10,1 кг зерна.

На фоне 40 т/га навоза и  $P_{40}K_{90}$  внесение азотных удобрений и увеличение их доз с 60 до 120 кг/га д.в. повышало урожайность зерна кукурузы с 52,4 до 62,3 ц/га при окупаемости 1 кг NPK 6,7-9,0 кг зерна. Увеличение дозы азота до  $N_{150}$ , вносимой в один прием, не обеспечивало достоверной прибавки урожайности, окупаемость минеральных удобрений при этом снижалась. В то же время дробное внесение этой дозы азотных удобрений в два приема ( $N_{120}$  до посева и  $N_{30}$  в фазу 4-5 листьев) повышало урожайность зерна в среднем за три года исследований на 4,0 ц/га по отношению к варианту с внесением  $N_{120}$  и на 2,4 ц/га по сравнению с внесением всей дозы  $N_{150}$  до посева.

Более высокая урожайность зерна кукурузы 75,3 ц/га была получена на фоне 80 т/га подстилочного навоза при применении  $N_{120}P_{40}K_{90}$ , окупаемость 1 кг NPK прибавкой урожая зерна достигла 9,0 кг. При внесении азотных удобрений в дозе  $N_{150}$  как в один прием, так и дробно урожайность зерна кукурузы практически не повышалась, а окупаемость 1 кг NPK понижалась с 9,0 до 8,0-8,3 кг зерна.

При увеличении дозы органических удобрений до 120 т/га роль азотных удобрений в формировании урожайности зерна кукурузы существенно снижалась. Максимальная урожайность зерна на этом фоне органических удобрений в среднем за три года исследований была получена в варианте  $N_{90}P_{40}K_{90}$  – 76,9 ц/га, при этом окупаемость 1 кг NPK составляла 6,8 кг зерна. Дальнейшее увеличение доз азотных удобрений не приводило к достоверному росту урожайности зерна кукурузы, что связано с большим количеством азота, вносимого с органическими удобрениями, а окупаемость 1 кг NPK снижалась до 5,4 кг зерна.

**Заключение.** Таким образом, проведенные исследования показали, что на дерново-подзолистой супесчаной почве, подстилаемой моренным суглинком с глубины 0,5 м, для получения урожайности зерна кукурузы на уровне 75-80 ц/га требуется сформировать к фазе молочной спелости площадь листовой поверхности 50 тыс. м<sup>2</sup>/га, обеспечить формирование фотосинтетического потенциала посевов в период «вы-

метывание – молочная спелость» 1,5 млн. м<sup>2</sup> сутки/га, что обеспечивается при внесении 80 т/га навоза и N<sub>120</sub>P<sub>40</sub>K<sub>90</sub>.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Барсуков, С.С. Густота стояния и фотосинтетическая деятельность / С.С. Барсуков // Кукуруза и сорго. – 1991. – № 3. – С. 13–14.
2. Барсуков, С.С. Фотосинтетическая деятельность и дозы удобрений / С.С. Барсуков // Химизация сел. хоз-ва. – 1992. – № 3. – С. 73–74.
3. Кушенов, Б.М. Густота посевов и продуктивность фотосинтеза / Б.М. Кушенов // Кукуруза и сорго. – 1995. – № 5. – С. 8–9.
4. Надточаев, Н.Ф. Возделывание кукурузы на зерно и силос в Беларуси / Н.Ф. Надточаев // Междунар. аграр. журн. – 2001. – № 6. – С. 22–24.
5. Надточаев, Н.Ф. Итоги многолетних исследований по технологии возделывания кукурузы в Полесском регионе / Н.Ф. Надточаев // Земледелие и растениеводство Белорусского Полесья: сб. науч. тр. / Белорус. науч.-исслед. ин-т земледелия и кормов, Полес. фил.; редкол. А.В. Сикорский [и др.]. – Мозырь, 2002. – С. 25–31.

УДК 631.8:631.427.22

### ВЛИЯНИЕ СИСТЕМ УДОБРЕНИЙ НА БИОЛОГИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ПОЧВЫ И УРОЖАЙНОСТЬ КАРТОФЕЛЯ

А.А. Дудук, П.Л. Тарасенко, П.И. Мозоль, Н.И. Таранда

УО «Гродненский государственный аграрный университет»

г. Гродно, Республика Беларусь, 230008

**Аннотация.** В 2006-2007 годах на дерново-подзолистой почве на фоне обработки ее с использованием вспашки изучалось влияние минеральной, органической и органо-минеральной систем удобрений на биологическую активность почвы и урожайность картофеля. Дана сравнительная оценка биологической активности почвы при антропогенном вмешательстве и в природном агроландшафте. В среднем за два года для развития бактерий и плесневых грибов оптимальными оказались органическая и органо-минеральная системы удобрений, для актиномицетов – минеральная и органо-минеральная. Показатели численности исследованных групп микроорганизмов в целинном контроле были выше, чем в агрофитоценозе. Изучаемые системы удобрений не отличались достоверно между собой по влиянию на урожайность картофеля, но по сравнению с контрольным вариантом существенно повышали урожайность. Прибавка ее в 2006 году составила около 100 ц/га, в 2007 – около 160 ц/га.

**Summary.** Influence of mineral, organic and organic-mineral systems of fertilizers on biological activity of ground and productivity of a potato was studied in 2006-2007 on a background of its processing with use of plowing. The comparative estimation of biological activity of ground is given at anthropogenous intervention and in natural conditions. The organic and organic-mineral systems of fertilizers werethe best for the average of development of bacteria and mushrooms, optimum for actinomycetes-mineral and organic-mineral. Parameters of number of the investigated groups of microorganisms in the virgin control were higher than in agrophitoceno-