

## **ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ УРОВНЕЙ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЫ ОБМЕННЫМ МАГНИЕМ И ДОЗ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ И БИОХИМИЧЕСКОЕ КАЧЕСТВО ЗЕРНА КУКУРУЗЫ**

**О.М. Таврыкина, И.М. Богдевич, Ю.В. Путятин,  
Е.С. Третьяков, В.А. Довнар, Д.В. Маркевич**  
*Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь*

### **ВВЕДЕНИЕ**

Кукуруза является важнейшей зерновой культурой в экономике многих стран: она используется на кормовые цели как сырье для ряда отраслей промышленности и широко употребляется населением в качестве продукта питания. Ежегодное потребление кукурузы в некоторых регионах достигает 120–137 кг на душу населения [1, 2].

В Беларуси кукуруза возделывается на площади 800–840 тыс. га, основные площади ее посева в стране используются на силос и лишь около 100 тыс. га – на зерновые цели. За последнее время у нас производилось 446–551 тыс. т зерна кукурузы в год со средней урожайностью 47–49 ц/га [3]. Однако объемы производства кукурузы увеличиваются, и в перспективе их планируется довести до 1 млн т и более. Зерно используется на продовольственные (2 %), технические (15–20 %) и фуражные цели (60–65 %) [4].

Кукуруза обладает рядом ценных свойств – большим содержанием крахмала, высокой переваримостью (до 90 % органического вещества) и питательной ценностью (1,34 к. ед. в 1 кг корма), что обуславливает ее использование в животноводстве в качестве основы рационов [5]. Однако, подобно другим злакам, использование кукурузы в качестве единственного в рационе корма также ограничено, прежде всего, из-за невысокого содержания протеина и недостаточности его аминокислотного состава. Имеющийся в эндосперме зерна белок зеин, занимающий большую часть протеина, дефицитен по таким аминокислотам, как лизин, метионин и триптофан. В целом в 1 кг зерна кукурузы содержится всего 2,8 г лизина, 2,7 г метионина и цистина, 0,8 г триптофана [6]. Значение этих аминокислот трудно переоценить. Введение их в рацион животного в достаточном количестве повышает использование других аминокислот в организме на 20–30 %, что позволяет обходиться без белков животного происхождения, более экономно использовать растительные корма при том же ростовом эффекте.

Кукуруза очень чувствительна к недостатку кальция и магния. Магний входит в состав хлорофилла, участвует в синтезе аминокислот. Недостаток магния проявляется при неблагоприятных почвенных и погодных условиях, при разрушенной структуре почвы, при избытке катионов-антагонистов. Это негативно влияет на процессы цветения и опыления, ограничивается завязывание початков, уменьшается их озерненность. Критическая фаза – завязывание и формирования зерна [7].

## 2. Плодородие почв и применение удобрений

Существенное отклонение от нормы соотношения катионов  $K/(Ca+Mg)$  в кормах из-за несбалансированного содержания этих элементов в почве является причиной снижения продуктивности скота, может вызвать заболевание животных пастбищной тетанией.

Если биологические особенности кукурузы в отношении потребности в азоте, фосфоре и калии сравнительно хорошо изучены, то сведения о влиянии магния и серы на урожайность и качество зерна ограничены. До сих пор исследования по влиянию магниевых и серосодержащих удобрений на урожайность кукурузы в зависимости от обеспеченности почвы магнием в Беларуси не проводились.

С учетом существующей в республике пестроты плодородия почв, повышения доли высокообеспеченных магнием почв оценка потребности растений кукурузы в магнии на контрастных уровнях обеспеченности почвы этим элементом при внесении разных доз удобрений и проведении внекорневых магниевых подкормок позволит определить оптимальные параметры обеспеченности почвы и растений магнием, обоснованную систему применения минеральных удобрений и магниевых подкормок для получения высокой урожайности и качества зерна кукурузы.

Цель исследования – установить влияние обеспеченности дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы обменным магнием и удобрений на урожайность и биохимическое качество зерна кукурузы.

### МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование проводилось в 2010–2011 гг. в модельном стационарном полевом опыте, заложенном в двух полях в СПК «Щемьслица» Минского района, на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, развивающейся на мощных лессовидных суглинках.

В 2010 г. на поле № 1, в 2011 г. на поле № 2 было создано четыре уровня (блока) обеспеченности почвы обменным Mg (1 н KCl):

- 74 (61–82, n = 40);
- 120 (87–144, n = 40);
- 181 (156–196, n = 40);
- 240 мг/кг почвы (215–267, n = 40).

Высокие уровни содержания обменного Mg на делянках создавались путем внесения разных доз легкорастворимого удобрения – сульфата магния ( $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ ). Агрохимические параметры почвы ( $pH_{KCl}$ , гумус,  $P_2O_5$ , K, Ca, Mg) были определены до и после насыщения опытных делянок. Посев гибрида кукурузы Дельфин согласно севообороту на поле № 1 был произведен в 2010 г., на поле № 2 – в 2011 г. в оптимальные сроки.

Содержание обменного кальция выравнивали по каждой делянке путем внесения расчетных доз мела. В результате содержание обменного Ca было выравнено в пределах 908–1145 мг/кг почвы. Таким образом, были созданы контрастные эквивалентные уровни соотношений  $Ca^{2+}:Mg^{2+}$ , соответственно 10,7–6,5–3,9–2,7. Реакция почвы, pH KCl, различалась на полях незначительно, в пределах 6,11–6,42. Содержание гумуса (по Тюрину) составило по опыту 1,72–2,02 %, подвижных фосфатов (0,2 н HCl) – 211–295 мг/кг почвы, подвижных форм калия,  $K_2O$  (0,2 н HCl) – 237–313 мг/кг почвы, S (1 M KCl) – 9,5–10,8 мг/кг.

На каждом блоке в обоих полях исследовано действие базового варианта системы удобрений, двух форм серосодержащих удобрений и некорневых подкормок 4 % раствором сульфата магния по схеме опыта:

1. Контроль (без удобрений);
2.  $N_{110+30} P_{60} K_{120}$  – фон;
3. Фон +  $S_{60}^*$ ;
4. Фон +  $S_{60}^{**}$ ;
5. Фон +  $S_{60}^{**} + Mg_{10} + Mg_{10}$ ,

где  $S^*$  – сера в форме фосфогипса;  $S^{**}$  – сера в форме сульфата аммония.

Минеральные удобрения в виде карбамида, калия хлористого, аммофоса, сульфата аммония, фосфогипса внесены весной под предпосевную культивацию согласно схеме опыта. Некорневые подкормки на кукурузе проводились дважды – в стадию раннего развития растений (6–8 листьев) и перед фазой начала выхода кукурузы в метелку. Агротехника возделывания кукурузы на опытных полях – общепринятая для данной зоны. Учет урожая зерна кукурузы был проведен методом учетных площадок. Повторность опыта 4-кратная, размещение делянок рендомизированное. Общая площадь делянки – 12 м<sup>2</sup>, учетная – 8 м<sup>2</sup>.

В образцах растений определяли: сухое вещество – высушиванием в сушильном шкафу; общий азот, фосфор, калий, кальций, магний – из одной навески после мокрого озоления серной кислотой; азот – методом Къельдаля, фосфор – на фотоэлектроколориметре, калий – на пламенном фотометре; кальций и магний – на атомно-абсорбционном спектрофотометре. Из качественных характеристик зерна определяли содержание сырого белка, рассчитанное по общему азоту. Содержание сырого белка вычисляли умножением общего азота на коэффициент пересчета азота на белок – 6,25. Определение содержания критических и незаменимых аминокислот (треонин, валин, метионин, изолейцин, лейцин, фенилаланин) и аминокислоты глутамин проводилось на жидкостном хроматографе Agilent 1100. Содержание аминокислоты лизин в зерне кукурузы было ниже предела обнаружения прибором (предел обнаружения лизина составляет 1,55 пмоль), поэтому в результатах она не представлена.

Расчет биологической ценности белка методом оценки по «химическому числу» производился путем выражения каждой незаменимой аминокислоты в зерне кукурузы в процентном отношении к содержанию этой аминокислоты в белке цельного куриного яйца. При расчете «аминокислотного сора» использовали тот же метод, только в нем в качестве идеальной аминокислотной шкалы применяется аминокислотная шкала Всемирной организации здравоохранения и комитета по продовольствию ООН (ФАО/ВОЗ).

Статистическая обработка результатов исследований выполнена по Б.А. Доспехову (1985) с использованием соответствующих программ дисперсионного анализа на компьютере.

Гидротермические условия вегетационных периодов в годы исследования оказались благоприятными для роста и развития кукурузы, что отразилось на соответствующих показателях урожайности и качества культуры. Среднемесячная температура воздуха за вегетационный период в 2010 и 2011 гг. оказалась выше нормы на 3,5°С и 2,3°С соответственно, количество

## 2. Плодородие почв и применение удобрений

осадков в отдельные месяцы превышало многолетние показатели в 2 и более раза. Результаты расчета ГТК показали, что май и июнь 2010–2011 гг. характеризовались как избыточно увлажненные (ГТК 1,9–2,6), а июль и август – как благоприятные месяцы с хорошим увлажнением (ГТК 1,3–1,5). ГТК за вегетационный период в 2011 г. составил 2,0, в 2010 г. – 1,7.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Погодные условия исследуемого периода способствовали получению высокой урожайности зерна кукурузы, достаточное увлажнение и высокие температуры воздуха позволили получить даже на неудобренных вариантах урожайность 97,7–115,0 ц/га (табл. 1). Урожайность зерна кукурузы на контрольных вариантах повышалась по мере увеличения содержания обменного магния в почве вплоть до уровня 240 мг Mg/kg почвы.

Таблица 1

#### Урожайность зерна кукурузы в зависимости от удобрений и обеспеченности дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы обменным магнием

Вариант	Урожайность зерна, ц/га			Прибавка зерна, ц/га от			
	2010 г.	2011 г.	среднее	содержания Mg в почве	минеральных удобрений	S удобрений	Mg удобрений
<b>Mg 74 мг/кг почвы, Ca<sup>2+</sup> : Mg<sup>2+</sup> = 10,7</b>							
Контроль (б/у)	86,6	108,7	97,7	–	–	–	–
N <sub>110+30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub> – фон	110,8	127,3	119,1	–	21,4	–	–
Фон + *S <sub>60</sub>	119,2	130,7	125,0	–	27,3	5,9	–
Фон + **S <sub>60</sub>	120,4	130,5	125,5	–	27,8	6,4	–
Фон + **S <sub>60</sub> + Mg <sub>10+10</sub>	129,5	136,2	132,9	–	35,2	–	7,4
<b>Mg 120 мг/кг почвы, Ca<sup>2+</sup> : Mg<sup>2+</sup> = 6,5</b>							
Контроль (б/у)	96,1	119,3	107,7	10,0	–	–	–
N <sub>110+30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub> – фон	124,6	131,4	128,0	8,9	20,3	–	–
Фон + *S <sub>60</sub>	132,7	133,6	133,2	8,2	25,5	5,2	–
Фон + **S <sub>60</sub>	131,7	132,6	132,2	6,7	24,5	4,2	–
Фон + **S <sub>60</sub> + Mg <sub>10+10</sub>	139,8	137,8	138,8	5,9	31,1	–	6,6
<b>Mg 181 мг/кг почвы, Ca<sup>2+</sup> : Mg<sup>2+</sup> = 3,9</b>							
Контроль (б/у)	100,1	128,0	114,1	16,4	–	–	–
N <sub>110+30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub> – фон	128,9	139,7	134,3	15,2	20,2	–	–
Фон + *S <sub>60</sub>	130,6	140,5	135,6	10,6	21,5	1,3	–
Фон + **S <sub>60</sub>	129,0	135,7	132,4	6,9	18,3	–1,9	–

Вариант	Урожайность зерна, ц/га			Прибавка зерна, ц/га от			
	2010 г.	2011 г.	среднее	содержания Mg в почве	минеральных удобрений	S удобрений	Mg удобрений
Фон + **S <sub>60</sub> + Mg <sub>10+10</sub>	130,1	133,1	131,6	-1,3	17,5		-0,8
<b>Mg 240 мг/кг почвы, Ca<sup>2+</sup> : Mg<sup>2+</sup> = 2,7</b>							
Контроль (б/у)	96,2	133,8	115,0	17,3	–	–	–
N <sub>110+30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub> – фон	115,3	139,2	127,3	8,2	12,3	–	–
Фон + *S <sub>60</sub>	115,7	142,2	129,0	4,0	14,0	1,7	–
Фон + **S <sub>60</sub>	114,2	139,9	127,1	1,6	12,1	-0,2	–
Фон + **S <sub>60</sub> + Mg <sub>10+10</sub>	113,6	140,5	127,1	-5,8	12,1	–	0,0
<i>HCP<sub>05</sub> варианты уровни</i>	<i>6,11 10,23</i>	<i>6,62 10,65</i>	<i>6,37 10,44</i>				

Урожайность зерна кукурузы на удобренных вариантах опыта повышалась при возрастании содержания обменного магния от 74 до 181 мг/кг почвы. Наибольшая урожайность зерна кукурузы 131,6–135,6 кг/га получена на третьем уровне обеспеченности почвы обменным магнием при содержании его в пределах 156–196 мг/кг и соотношении катионов Ca:Mg 3,9. Прибавка зерна на этом уровне составила 6,9–15,2 ц/га. При повышении содержания обменного магния в почве до 240 мг·кг<sup>-1</sup> и соответствующем эквивалентном соотношении Ca:Mg 2,7 наблюдалось снижение урожайности зерна кукурузы в среднем на 3–8 %. Наиболее низкие показатели урожайности зерна кукурузы, не превышающие 129 ц/га на фоне внесения минеральных удобрений, отмечены при самом низком и самом высоком содержании обменного Mg и соотношениях катионов Ca:Mg в почве.

Наибольшие прибавки зерна кукурузы в опыте получены от внесения минеральных удобрений, в особенности на низкообеспеченном магнием уровне при 74 мг Mg на кг почвы. Эффективность удобрений при этом оказалась наибольшей и прибавка составила 21,4–35,2 ц/га, в то время как на почве с содержанием обменного магния 240 мг/кг она оказалась в два раза меньшей и составила 12,1–14,0 ц/га.

Внесение серосодержащих удобрений обеспечило прибавку зерна только на первых двух уровнях содержания обменного магния, достоверной была прибавка при внесении 60 кг/га сульфата аммония на первом уровне содержания обменного Mg в почве – 6,4 ц/га.

Прибавки урожайности зерна кукурузы от некорневых подкормок MgSO<sub>4</sub> были достоверными только на первых двух уровнях и снижались по мере повышения содержания обменного Mg в почве. При содержании Mg 74 мг/кг почвы прибавка урожая зерна составила 7,4 ц/га, при содержании 120 мг Mg/кг почвы – 6,6 ц/га.

## 2. Плодородие почв и применение удобрений

Таким образом, повышение содержания обменного магния в диапазоне 74–181 мг/кг почвы сопровождалось увеличением урожайности зерна кукурузы на 5–13 %. Система удобрения, включающая внесение  $N_{110+30}P_{60}K_{120} + S_{60}^{**} + Mg_{10+10}$ , повышала урожайность зерна на 31,1–35,2 ц/га в диапазоне содержания Mg 74–120 мг/кг почвы. Наибольшая урожайность зерна 138,8 ц/га была получена при возделывании кукурузы по вышеуказанной системе удобрения на почве с содержанием Mg 120 мг/кг. Дальнейшее повышение содержания обменного магния до 240 мг/кг почвы приводило к ее небольшому недобору.

Содержание белка в зерне кукурузы изменялось в пределах опыта по уровням и вариантам от 8,0 до 9,6 % (табл. 2). При возрастании содержания обменного магния в почве до 181 мг/кг прибавка сырого белка составила на удобренных вариантах 0,2–0,9 % по сравнению с низким уровнем содержания обменного магния, от внесения удобрений на этом уровне – 0,7–1,5 %. На высокообеспеченной магнием почве содержание сырого белка несколько снижалось.

Сбор сырого белка по вариантам опыта составил 709–1061 кг/га на первом уровне обеспеченности магнием, 797–1148 – на втором, 834–1146 – на третьем, 812–1061 кг/га – на четвертом.

Наибольшее содержание и сбор белка 9,6 % и 1140–1146 кг/га соответственно обеспечило внесение фоновых удобрений совместно с сульфатом аммония и магниевыми подкормками на третьем уровне обеспеченности почвы обменным магнием 181 мг Mg/кг почвы и при соотношении катионов Ca:Mg 3,9.

Таблица 2

### Влияние удобрений и обеспеченности дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы обменным магнием на содержание и сбор сырого белка в зерне кукурузы (среднее за 2010–2011 гг.)

Вариант	Содержание сырого белка	Сбор сырого белка	Прибавка сырого белка от			
			Mg в почве	удобрений	Mg в почве	удобрений
			%		кг/га	
<b>Mg 74 мг/кг почвы, Ca<sup>2+</sup> : Mg<sup>2+</sup> = 10,7</b>						
Контроль (б/у)	8,0	709	–	–	–	–
$N_{110+30}P_{60}K_{120}$ – фон	8,3	884	–	0,3	–	175
Фон + *S <sub>60</sub>	8,5	956	–	0,5	–	247
Фон + **S <sub>60</sub>	9,4	1061	–	1,4	–	352
Фон + **S <sub>60</sub> + Mg <sub>10+10</sub>	8,8	1044	–	0,8	–	335
<b>Mg 120 мг/кг почвы, Ca<sup>2+</sup> : Mg<sup>2+</sup> = 6,5</b>						
Контроль (б/у)	8,3	797	0,3	–	88	–
$N_{110+30}P_{60}K_{120}$ – фон	8,5	981	0,2	0,2	97	184

Вариант	Содержание сырого белка	Сбор сырого белка	Прибавка сырого белка от			
			Мг в почве	удоб-рений	Мг в почве	удоб-рений
	%	кг/га	%		кг/га	
Фон + *S <sub>60</sub>	9,2	1101	0,7	0,9	145	304
Фон + **S <sub>60</sub>	9,2	1093	-0,2	0,9	32	296
Фон + **S <sub>60</sub> + Mg <sub>10+10</sub>	9,2	1148	0,4	0,9	104	351
<b>Мг 181 мг/кг почвы, Ca<sup>2+</sup> : Mg<sup>2+</sup> = 3,9</b>						
Контроль (б/у)	8,1	834	0,1	–	125	–
N <sub>110+30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub> – фон	8,8	1058	0,5	0,7	174	224
Фон + *S <sub>60</sub>	9,4	1145	0,9	1,3	189	311
Фон + **S <sub>60</sub>	9,6	1146	0,2	1,5	85	312
Фон + **S <sub>60</sub> + Mg <sub>10+10</sub>	9,6	1140	0,8	1,5	96	306
<b>Мг 240 мг/кг почвы, Ca<sup>2+</sup> : Mg<sup>2+</sup> = 2,7</b>						
Контроль (б/у)	8,1	812	0,1	–	103	–
N <sub>110+30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub> – фон	9,2	1047	0,9	1,1	163	235
Фон + *S <sub>60</sub>	9,2	1061	0,7	1,1	105	249
Фон + **S <sub>60</sub>	9,0	1023	-0,4	0,9	-38	211
Фон + **S <sub>60</sub> + Mg <sub>10+10</sub>	9,0	1023	0,2	0,9	-21	211
<i>НСР<sub>05</sub> варианты</i>	<i>0,15</i>	<i>40</i>				
<i>уровни</i>	<i>0,26</i>	<i>76</i>				

Как известно, питательная ценность белка определяется количеством и составом незаменимых аминокислот – лизина, треонина, валина, метионина, фенилаланина, изолейцина, лейцина.

По результатам наших исследований было выявлено, что наибольшее содержание критических и незаменимых аминокислот в среднем по вариантам оказалось на уровне с содержанием магния 120 мг/кг почвы (табл. 3). Содержание критических аминокислот составило на этом уровне 3,98–4,19, незаменимых – 25,32–26,60 г/кг зерна. Определенной зависимости между содержанием аминокислот и вносимыми удобрениями обнаружено не было.

Из незаменимых аминокислот в зерне кукурузы преобладал лейцин, его количество составило от 9,90 до 12,35 г/кг зерна, содержание метионина было минимальным – 0,74–1,47 г/кг зерна. Однако больше всего в зерне кукурузы содержалось аминокислоты глутамин – 12,55–16,57 г/кг зерна, или 143,4–180,9 мг/г белка. Нужно отметить, что на повышенном уровне содержания магния при 240 мг/кг почвы содержание глутамина увеличивалось.

## 2. Плодородие почв и применение удобрений

Таблица 3  
Влияние минеральных удобрений и обеспеченности дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы обменным магнием на содержание аминокислот в зерне и белке кукурузы гибрида Дельфин

Вариант	г/кг зерна										мг/г белка									
	Треонин	Валин	Метионин	Фенилаланин	Изолейцин	Лейцин	Глутамин	ΣАкр	ΣАкс	Треонин	Валин	Метионин	Фенилаланин	Изолейцин	Лейцин	Глутамин	ΣАкр	ΣАкс		
<b>Mg 74 мг/кг почвы, Ca<sup>2+</sup> : Mg<sup>2+</sup> = 10,7</b>																				
Контроль (б/у)	2,72	3,42	1,02	3,80	2,47	10,77	13,09	3,74	24,20	31,2	38,8	11,6	43,3	28,0	123,2	149,2	42,8	276,1		
N <sub>110+30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub> – фон	2,73	3,75	1,41	4,01	2,79	11,35	13,97	4,14	26,04	33,0	45,0	17,2	48,3	33,3	137,0	168,2	50,2	313,7		
Фон + S* <sub>60</sub>	2,73	3,60	1,23	3,81	2,63	11,04	14,25	3,96	25,04	32,2	41,9	14,4	44,7	30,5	129,8	165,5	46,6	293,5		
Фон + S** <sub>60</sub>	2,52	3,60	1,29	3,85	2,48	10,72	13,87	3,81	24,46	26,8	38,1	13,7	40,7	26,3	113,8	146,8	40,5	259,5		
Фон + S** <sub>60</sub> + Mg <sub>10+10</sub>	2,69	3,74	1,30	3,88	2,76	11,15	14,87	3,99	25,52	31,0	42,5	15,2	44,3	31,2	127,5	166,2	46,2	291,7		
<b>Mg 120 мг/кг почвы, Ca<sup>2+</sup> : Mg<sup>2+</sup> = 6,5</b>																				
Контроль (б/у)	2,83	3,87	1,33	4,17	2,80	11,60	14,70	4,16	26,60	34,3	46,4	16,5	50,1	33,5	140,0	176,2	50,8	320,8		
N <sub>110+30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub> – фон	2,79	3,67	1,35	3,96	2,66	11,36	14,41	4,14	25,79	32,7	42,4	15,8	46,1	30,7	132,7	166,7	48,5	300,5		
Фон + S* <sub>60</sub>	2,72	3,82	1,47	4,01	2,81	11,38	14,89	4,19	26,21	29,6	41,3	16,0	43,6	30,4	123,9	161,4	45,6	284,8		
Фон + S** <sub>60</sub>	2,72	3,73	1,26	3,88	2,70	11,03	14,12	3,98	25,32	29,6	40,4	13,7	42,2	29,2	119,9	152,8	43,4	275,0		
Фон + S** <sub>60</sub> + Mg <sub>10+10</sub>	2,75	3,68	1,40	3,87	2,73	11,02	14,10	4,15	25,44	29,9	39,7	15,2	41,8	29,4	119,4	152,2	45,1	275,6		

Окончание табл. 3

Вариант	г/кг зерна										мг/г белка							
	Треонин	Валин	Метионин	Фенилаланин	Изолейцин	Лейцин	Глутамин	ΣАкр	ΣАкс	Треонин	Валин	Метионин	Фенилаланин	Изолейцин	Лейцин	Глутамин	ΣАкр	ΣАкс
<b>Mg 181 мг/кг почвы, Са<sup>2+</sup> : Mg<sup>2+</sup> = 3,9</b>																		
Контроль (бу)	2,48	3,25	0,95	3,39	2,41	9,96	12,55	3,43	22,44	30,6	40,3	11,7	41,9	29,9	123,0	155,8	42,3	277,4
N <sub>110+30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>20</sub> – фон	2,52	3,17	0,97	3,34	2,48	9,90	12,55	3,49	22,38	28,8	36,2	11,0	38,2	28,3	113,1	143,4	39,8	255,7
Фон + S* <sub>60</sub>	2,87	3,81	0,93	3,89	2,81	11,50	14,79	3,80	25,81	30,6	40,0	10,0	41,1	29,4	121,9	155,1	40,6	273,0
Фон + S** <sub>60</sub>	2,77	3,38	0,74	3,81	2,73	11,26	14,35	3,51	24,69	28,8	35,1	7,7	39,6	28,3	117,0	149,1	36,5	256,5
Фон + S** <sub>60</sub> + Mg <sub>10+10</sub>	2,89	3,52	0,76	3,91	2,80	11,51	14,80	3,65	25,38	30,0	36,6	7,8	40,6	29,0	119,5	153,8	37,9	263,6
<b>Mg 240 мг/кг почвы, Са<sup>2+</sup> : Mg<sup>2+</sup> = 2,7</b>																		
Контроль (бу)	2,56	3,46	1,29	3,72	2,51	10,79	13,31	3,85	24,33	33,0	43,5	16,7	47,6	31,4	139,0	167,3	49,7	311,2
N <sub>110+30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>20</sub> – фон	2,69	3,58	1,24	3,87	2,65	11,22	16,57	3,93	25,24	29,3	38,7	13,5	42,0	28,6	122,1	180,9	42,9	274,3
Фон + S* <sub>60</sub>	2,55	3,40	1,17	3,62	2,50	10,23	13,31	3,72	23,47	27,8	36,8	12,8	39,3	27,0	111,3	144,1	40,6	255,0
Фон + S** <sub>60</sub>	2,60	4,03	1,42	4,28	3,00	12,35	16,19	4,02	27,68	29,0	44,9	15,9	47,8	33,4	138,1	180,6	44,9	309,2
Фон + S** <sub>60</sub> + Mg <sub>10+10</sub>	2,61	3,84	1,26	4,02	2,83	11,61	15,03	3,87	26,17	29,1	42,7	14,1	44,8	31,5	129,6	167,1	43,3	291,9
НСР <sub>05</sub> варианты уровни	0,121 0,154	0,320 0,365	0,105 0,132	0,421 0,473	0,314 0,387	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

## 2. Плодородие почв и применение удобрений

Из-за высокого содержания в зерне кукурузы глутамина его используют для получения в производственных условиях глутаминовой кислоты, которую применяют при лечении невритов, прогрессивной мышечной дистрофии, психозов, эпилепсии, полиомиелитов. Она является составной частью фолиевой кислоты и играет важную роль в деятельности головного мозга, сердца и процессе кроветворения. Глутаминовая кислота широко применяется в пищевой промышленности при консервировании свежих продуктов и овощей [8].

Питательная ценность аминокислот белка зерна зависит от того, какая доля из них способна усваиваться организмом. Помимо технологических особенностей, питательная ценность белкового комплекса зерна определяется его физико-химическими свойствами, а также соответствием его аминокислотного состава составу тех белков, на построение которых он используется в организме человека или животных. Содержание и степень использования поступающих в организм аминокислот характеризует их биологическую ценность.

Биологическая ценность критических аминокислот белка кукурузы по сравнению с цельным яйцом (химическое число) была невысокой и практически не изменялась в зависимости от уровня обеспеченности почвы обменным магнием, несколько снижаясь лишь на третьем уровне Mg. Химическое число незаменимых аминокислот составило: на первом уровне обеспеченности обменным магнием – 64,4–77,8 %, на втором – 68,2–79,6 %, на третьем – 63,5–68,8 %, на четвертом – 63,3–77,2 %.

По аминокислотному скору критических аминокислот содержалось 30,6–42,7 % от показателей, рекомендуемых ФАО/ВОЗ, незаменимых – 81,4–102,2 %.

Таблица 4

### Биологическая ценность белка кукурузы гибрида Дельфин

Вариант	Химическое число, %		Аминокислотный скор, %	
	АК <sub>кр</sub>	АК <sub>н</sub>	АК <sub>кр</sub>	АК <sub>н</sub>
<b>Mg 74 мг/кг почвы, Ca<sup>2+</sup> : Mg<sup>2+</sup> = 10,7</b>				
Контроль (б/у)	27,1	68,5	36,0	87,9
N <sub>110+30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub> – фон	31,7	77,8	42,1	99,9
Фон + S* <sub>60</sub>	29,5	72,8	39,2	93,5
Фон + S** <sub>60</sub>	25,7	64,4	34,1	82,6
Фон + S** <sub>60</sub> + Mg <sub>10+10</sub>	29,2	72,4	38,8	92,9
<b>Mg 120 мг/кг почвы, Ca<sup>2+</sup> : Mg<sup>2+</sup> = 6,5</b>				
Контроль (б/у)	32,2	79,6	42,7	102,2
N <sub>110+30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub> – фон	30,7	74,6	40,7	95,7
Фон + S* <sub>60</sub>	28,9	70,7	38,3	90,7
Фон + S** <sub>60</sub>	27,4	68,2	36,4	87,6
Фон + S** <sub>60</sub> + Mg <sub>10+10</sub>	28,6	68,4	37,9	87,8

Вариант	Химическое число, %		Аминокислотный скор, %	
	АК <sub>кр</sub>	АК <sub>н</sub>	АК <sub>кр</sub>	АК <sub>н</sub>
<b>Mg 181 мг/кг почвы, Ca<sup>2+</sup> : Mg<sup>2+</sup> = 3,9</b>				
Контроль (б/у)	26,8	68,8	35,5	88,4
N <sub>110+30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub> – фон	25,2	63,5	33,5	81,4
Фон + S* <sub>60</sub>	25,7	67,7	34,1	86,9
Фон + S** <sub>60</sub>	23,1	63,6	30,6	81,7
Фон + S** <sub>60</sub> + Mg <sub>10+10</sub>	24,0	65,4	31,8	84,0
<b>Mg 240 мг/кг почвы, Ca<sup>2+</sup> : Mg<sup>2+</sup> = 2,7</b>				
Контроль (б/у)	31,5	77,2	41,8	99,1
N <sub>110+30</sub> P <sub>60</sub> K <sub>120</sub> – фон	27,1	68,1	36,0	87,3
Фон + S* <sub>60</sub>	25,7	63,3	34,1	81,2
Фон + S** <sub>60</sub>	28,4	76,7	37,7	98,5
Фон + S** <sub>60</sub> + Mg <sub>10+10</sub>	27,4	72,4	36,4	93,0

Для оценки кормового качества зерна кукурузы на разных уровнях обеспеченности почвы магнием был использован показатель соотношения катионов K/(Ca+Mg) (рис. 1). С учетом допустимого предела 2,2 на всех уровнях обеспеченности почвы магнием значения данного соотношения находились в его границах и изменялись от 2,0 на первом уровне до 1,1 на последнем при высоком содержании в почве магния.

Оптимальные значения показателя, составляющие по данным ветеринарной службы 1,0–1,3, были выявлены при средней обеспеченности почвы обменным магнием.

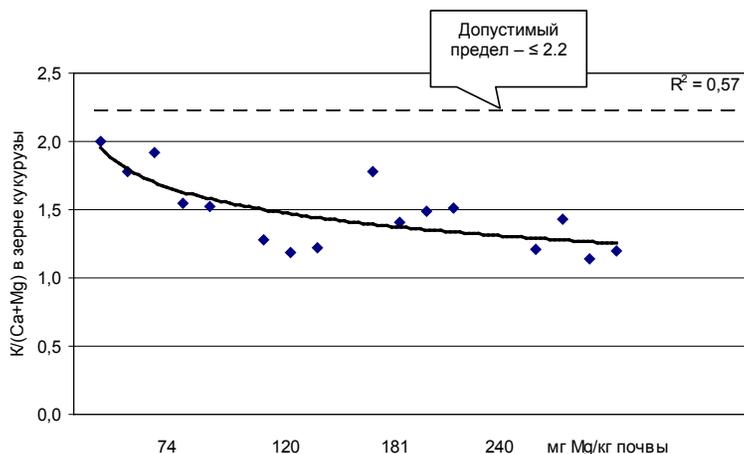


Рис. 1. Влияние содержания обменного магния в почве на соотношение катионов K/(Ca+Mg) в зерне кукурузы (вариант N<sub>110+30</sub>P<sub>60</sub>K<sub>120</sub>)

### ВЫВОДЫ

1. Повышение содержания обменного магния в дерново-подзолистой легко-суглинистой почве в диапазоне 74–181 мг/кг почвы и соответствующее изменение соотношения катионов Ca:Mg с 10,7 до 3,9 сопровождалось увеличением урожайности зерна кукурузы на 5–13 % (6,9–15,2 ц/га). Дальнейшее повышение содержания Mg до 240 мг/кг почвы и сужение соотношения Ca:Mg до 2,7 привело к небольшому снижению его урожайности.

2. Некорневые подкормки растений сульфатом магния были эффективными при содержании обменного магния 74 и 120 мг Mg/кг почвы, прибавки урожайности зерна составили 7,4 и 6,6 ц/га соответственно. В целом система удобрения, включающая внесение  $N_{110+30} P_{60} K_{120} + S_{60}$  (сульфат аммония) и некорневые подкормки  $Mg_{10+10}$ , повышала урожайность зерна кукурузы на 28,3–35,2 ц/га в диапазоне содержания Mg 74–120 мг/кг почвы. При более высоком содержании обменного магния в почве некорневые подкормки сульфатом магния и дополнительное внесение серосодержащих удобрений были неэффективными.

3. Содержание сырого белка в зерне кукурузы существенно повышалось (на 0,9–1,5 %) под действием фонового  $N_{110+30} P_{60} K_{120}$  и серосодержащих удобрений и было наибольшим (9,6 %) при содержании обменного магния в почве 181 мг/кг почвы. Аминокислотный состав белка мало изменялся от исследуемых факторов. Наибольшее содержание критических и незаменимых аминокислот в среднем по вариантам оказалось на уровне с содержанием магния 120 мг/кг почвы. Содержание критических аминокислот составило на этом уровне 3,98–4,19, незаменимых – 25,32–26,60 г/кг зерна.

4. Биологическая ценность критических и незаменимых аминокислот белка кукурузы по сравнению с цельным яйцом (химическое число) была невысокой и практически не изменялась в зависимости от уровня обеспеченности почвы обменным магнием, несколько снижаясь лишь на третьем уровне Mg. По аминокислотному скору критических аминокислот содержалось 30,6–42,7 % от показателей, рекомендуемых ФАО/ВОЗ, незаменимых – 81,4–102,2 %.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ильин, В.С. Раннеспелая кукуруза: состояние и перспективы / В.С. Ильин, И.В. Ильин. – Омск, 2001. – 172 с.
2. Созинов, А.А. Улучшение качества зерна озимой пшеницы и кукурузы / А.А. Созинов, Т.П. Жемела. – М.: Колос. – 1983. – 270 с.
3. Сельское хозяйство Республики Беларусь: стат. сб. / Нац. стат. ком. РБ. – 2011. – 282 с.
4. Кукуруза: выращивание, уборка, хранение и использование / под ред. Д. Шпаар. – 4-е изд. – 2012. – 464 с.
5. Циков, В.С. Интенсивная технология возделывания кукурузы / В.С. Циков, Л.А. Матюха. – М.: Агропромиздат, 1989. – 246 с.
6. Казаков, Е.Д. Биохимия зерна и хлебопродуктов / Е.Д. Казаков, Г.П. Карпиленко. – СПб.: ГИОРД, 2005. – 512 с.
7. Руководство по возделыванию кукурузы на зерно / В.В. Мелехов [и др.]. – Волгоград, 2003. – 123 с.
8. Крецу, Л.Г. Мир пищевых растений / Л.Г. Крецу, Л.Г. Домашенко, М.Д. Соколов; под ред. А.Ф. Палия. – Кишинев, 1989. – 328 с.

## EFFECT DIFFERENT LEVELS OF EXCHANGEABLE MAGNESIUM IN THE PODZOLUVISOL LOAM SOIL AND MINERAL FERTILIZERS ON THE YIELD AND BIOCHEMICAL QUALITY OF CORN GRAIN

O.M. Tavrykina, I.M. Bogdevich, Yu.V. Putyatin,  
E.S. Tret'yakov, V.A. Dovnar, D.V. Markevich

### Summary

As a result of model stationary field experiment with different exchangeable magnesium content in the podzoluvisol loam soil (1 n KCl) 74–120–181–240 mg Mg/kg and varying Ca:Mg ratios 10,7–6,5–3,9–2,7 it was found increasing corn grain yield on 5–13 % (6,9–15,2 c/ha) in the soil with Mg content 74–181 mg/kg and equivalent Ca:Mg ratio 3,9. Subsequent increasing exchangeable magnesium content to 240 mg/kg and narrowing Ca:Mg ratio to 2,7 was result to small decrease corn grain yield.

Carring out foliar spray of corn plant by magnesium sulfate was effective at exchangeable magnesium content 74 and 120 mg/kg with yield response 7,4 and 6,6 c/ha correspondingly.

Raw protein content in corn grain essential increased (on 0,9–1,5 %) in result of application basic fertilizer system  $N_{110+30}P_{60}K_{120}$  and sulfur fertilizers, highest raw protein (9,6 %) was obtained at 181 mg/kg exchangeable magnesium content. Amino acid composition of corn protein and biological value of critical and essential amino acids was change a little against investigate factors.

*Поступила 10.04.13*

УДК 633.521:631.82:581.14.04

## ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ И БРАССИНОСТЕРОИДОВ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ЛЬНА МАСЛИЧНОГО И ВЫНОС ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ

А.А. Ходянков, И.Ю. Гаврюшин

*Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,  
г. Горки, Беларусь*

### ВВЕДЕНИЕ

В нашей стране большое значение придается изучению технологических аспектов возделывания льна-долгунца, в то же время в научном и производственном направлениях недостаточно внимания уделяется льну масличному. Это одна из перспективных сельскохозяйственных культур комплексного использования, возделываемая в основном для получения масла, которое обладает высокой ценностью (йодным числом 190–200) и используется для лакокрасочной, электротехнической, медицинской, пищевой и других отраслей промышленности [1].