

ВЛИЯНИЕ ВОЗРАСТАЮЩИХ УРОВНЕЙ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ЛЕГКОСУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЫ ОБМЕННЫМ МАГНИЕМ НА УРОЖАЙНОСТЬ ГОРОХА

И.М. Богдевич, Ю.В. Путятин, И.С. Станилевич,
В.А. Довнар, П.С. Манько

*Институт почвоведения и агрохимии,
г. Минск, Беларусь*

ВВЕДЕНИЕ

Магний занимает важное место в минеральном питании растений [1, 2, 3]. Недостаток этого элемента ограничивает урожайность сельскохозяйственных культур, снижает качество продукции, оказывает влияние на эффективность использования азотных, фосфорных и калийных удобрений [4,5]. В связи с этим возникла необходимость в определении оптимального содержания обменного магния в почве.

Поскольку велось системное известкование кислых почв доломитовой мукой с содержанием MgO ~ 20 %, содержание обменных форм магния в дерново-подзолистых почвах многократно повысилось. В настоящее время средневзвешенное содержание обменного магния в пахотных почвах составляет 147 мг/кг почвы, в луговых – 163 мг/кг. Большинство пахотных почв в Беларуси, ~ 76 %, относится к группам с повышенным и высоким содержанием магния. Доля почв с низким содержанием элемента многократно снизилась и составляет 4,8 %. Повышенная и высокая обеспеченность почв магнием наблюдается на 90 % площади почв луговых земель [6]. Также на значительной части площади пахотных земель нарушено требуемое соотношение катионов $Ca^{2+}:Mg^{2+}$ и $K^+:Mg^{2+}$, и возделываемые культуры испытывают недостаток или избыток магния для формирования урожайности [6].

В настоящее время получение полноценного зернофуражного корма стало актуальной проблемой [8]. Сбалансированность рационов по энергии, питательным веществам: протеину, аминокислотам, витаминам, макро- и микроэлементам и другим биологически активным веществам является одним из основных условий эффективного использования кормов. При оптимальном соотношении компонентов питательность рационов повышается на 8–12 % по сравнению с суммарной энергетической ценностью входящих в них компонентов, так как при этом улучшаются переваримость и усвояемость комбикормов, корма охотнее поедаются животными [9]. Проблему производства растительного белка можно решить за счет расширения посевных площадей зернобобовых культур, белок которых более полноценен по аминокислотному составу. Зернобобовые культуры содержат в семенах в 2–3 раза больше белка, чем зерновые культуры [10].

Горох – важнейшая и наиболее распространенная зернобобовая культура, имеющая важное продовольственное и кормовое значение [8,11]. Ценность его определяется высокой урожайностью зерна и зеленой массы, богатых белком и другими питательными веществами. В зерне гороха содержится 22–30 % белка,

1,1–1,5 % жира и 5–6 % клетчатки, витамины А, В₁, В₂, С, минеральные вещества и все необходимые аминокислоты. [11–14]. Горох оставляет в почве 40–50 кг/га азота и является хорошим предшественником для зерновых, в том числе озимых и других культур [15]. В мире посевы гороха занимают около 10 млн га. Он широко распространен в Китае, США, Канаде, Западной Европе, Австралии [15]. Для европейских стран горох является основной зернобобовой культурой, которая возделывается на пищевые и кормовые цели на площади около 3 млн га [11]. В настоящее время в Республике Беларусь зернобобовые культуры занимают 170 тыс. га площади посевов, с валовым сбором гороха 50 тыс. тонн. Средняя урожайность гороха по республике составляет около 30 ц/га [16].

Цель исследования – установить параметры количественной зависимости урожайности и качества зерна гороха от обеспеченности обменным магнием дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы и эффективность некорневых подкормок сульфатом магния.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводились на базе стационарного полевого опыта в ОАО «Гастелловское» Минского района на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, развивающейся на мощном лессовидном суглинке. Опыт заложен в двух полях в звене севооборота: ячмень – яровое тритикале – горох. В 2016–2017 гг. возделывался горох посевного сорта Белус. Повторность опыта 4-кратная, размещение делянок рендомизированно. Общая площадь делянки – 15 м², учетная площадь – 8 м².

Агрохимические показатели пахотного горизонта почвы перед закладкой опыта следующие: содержание гумуса (по Тюрину) – 1,8–2,1%, рН_{KCl} 5,8–6,0, P₂O₅ (0,2 М HCl) – 350–450 мг/кг почвы, K₂O (0,2 М HCl) – 264–300 мг/кг, Ca (1 М KCl) – 750–900 мг/кг. Характеристика почвы по содержанию микроэлементов: среднее содержание бора – 0,33–0,65 мг/кг, меди – 2,08–2,84 мг/кг, обменного марганца – 2,02–5,92 мг/кг, подвижных форм серы – 6,1–8,8 мг/кг, низкое содержание цинка – 1,84–2,60 мг/кг. Гидролитическая кислотность была в пределах 1,23–3,33 мг-экв/100 г почвы.

На опытном участке предварительно было создано четыре уровня содержания в почве обменного магния Mg: I уровень – 46–50 мг/кг, II уровень – 90–92 мг/кг, III уровень – 138–147 мг/кг, IV уровень – 183–198 мг/кг, отражающие диапазон различий по обеспеченности обменным магнием дерново-подзолистых суглинистых почв Беларуси. Высокие уровни содержания обменного магния в почве были созданы за счет внесения быстродействующего удобрения – сульфата магния (MgSO₄ · 7H₂O). Эквивалентные соотношения катионов составили: Ca : Mg = 20,7 – 9,2 – 5,0 – 3,5; K : Mg = 1,9 – 0,95 – 0,6 – 0,4.

Схема опыта предусматривала 9 вариантов удобрений на каждом из четырех уровней содержания обменного магния в почве:

1. Контроль (без удобрений);
2. N₃₀P₆₀;
3. N₃₀P₆₀K₁₂₀ – фон;
4. N₃₀P₆₀K₁₈₀;
5. Фон + Mg₁;

6. Фон + Mg_{1,5};
7. Фон + S₃₆ (сульфат аммония);
8. Фон + S₃₆ + Mg₁;
9. Фон + S₃₆ + Mg_{1,5}.

На каждом уровне содержания обменного магния в почве исследуется действие полной дозы удобрений, варианта с повышенной дозой калия, серы в дозе S₃₆ и некорневых подкормок сульфатом магния в фазу бутонизации. Из минеральных удобрений использовали карбамид, аммонизированный суперфосфат, хлористый калий, сульфат аммония. Агротехника возделывания культур – общепринятая для республики.

Закладку опыта, наблюдения, учет урожайности, анализы почвы и растений проводили по соответствующим методическим указаниям. Статистическая обработка результатов исследований выполнена по Б.А. Доспехову (1985) с использованием соответствующих программ дисперсионного анализа.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате проведенных исследований была установлена зависимость урожайности зерна гороха от обеспеченности почвы обменным магнием (табл. 1).

Таблица 1

Урожайность зерна гороха в зависимости от содержания обменного магния в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве и удобрений (в среднем за 2016–2017 гг.)

Вариант	Урожайность зерна, ц/га				Прибавка зерна, ц/га, за счет повышения содержания Mg		
	уровни содержания Mg, мг/кг почвы				90–92	138–147	183–198
	46–50	90–92	138–147	183–198			
Контроль	29,2	36,2	39,8	38,4	7,0	10,6	9,2
N ₃₀ P ₆₀	34,8	43,3	42,7	41,0	8,5	7,9	6,2
N ₃₀ P ₆₀ K ₁₂₀ (фон)	39,0	43,9	45,5	43,4	4,9	6,5	4,4
N ₃₀ P ₆₀ K ₁₈₀	41,9	46,8	46,1	44,9	4,9	4,2	3,0
Фон + Mg ₁	45,1	48,0	47,0	42,0	2,9	1,9	–3,1
Фон + Mg _{1,5}	45,6	49,0	47,3	42,5	3,4	1,7	–3,1
Фон+ S ₃₆	43,6	46,9	45,7	43,9	3,3	2,1	0,3
Фон+ S ₃₆ + Mg ₁	48,0	49,7	46,2	44,0	1,7	–1,8	–4,0
Фон+ S ₃₆ + Mg _{1,5}	48,6	50,7	47,1	42,8	2,1	–1,5	–5,8
НСР ₀₅ варианты	3,46				–		
уровни	1,15				–		

С повышением обеспеченности почвы обменным магнием с 46–50 до 138–147 мг/кг почвы в контрольном варианте (без внесения минеральных удобрений) урожайность зерна гороха увеличилась. Дальнейшее повышение обеспеченности почвы обменным магнием до уровня 183–198 мг/кг почвы снизило урожайность зерна гороха на 3,5 %. Аналогичное варьирование урожайности наблюдалось и в фоновом варианте N₃₀P₆₀K₁₂₀, наибольшая урожайность гороха 45,5 ц/га получена

при содержании в почве обменного магния на уровне 138–147 мг Mg на кг почвы. Прибавка урожайности зерна за счет повышения содержания в почве обменного магния с 46–50 до 138–147 мг/кг почвы составила в контрольном варианте 10,6 ц/га (26 %), в фоновом варианте $N_{30}P_{60}K_{120}$ – 6,5 ц/га (14,3 %).

В вариантах с некорневыми подкормками сульфатом магния непосредственно и на фоне серы наибольшая урожайность получена при обеспеченности почвы обменным магнием на уровне 90–92 мг/кг почвы, далее с повышением концентрации магния в почве наблюдалось снижение урожайности зерна гороха. Максимальная урожайность 50,7 ц/га получена в варианте $N_{30}P_{60}K_{120} + S_{36} + Mg_{1,5}$ с содержанием 90–92 мг/кг почвы обменного магния.

Зависимость урожайности зерна гороха от содержания обменного магния в почве в фоновом варианте $N_{30}P_{60}K_{120}$ описывалась квадратичным уравнением с высокой вероятностью аппроксимации ($R^2 = 0,99$). Урожайность зерна гороха повышалась с увеличением концентрации обменного магния в почве до уровня Mg 138–147 мг/кг почвы. Дальнейшее повышение обеспеченности почвы обменным магнием уже сопровождалось снижением урожайности гороха (рис. 1).

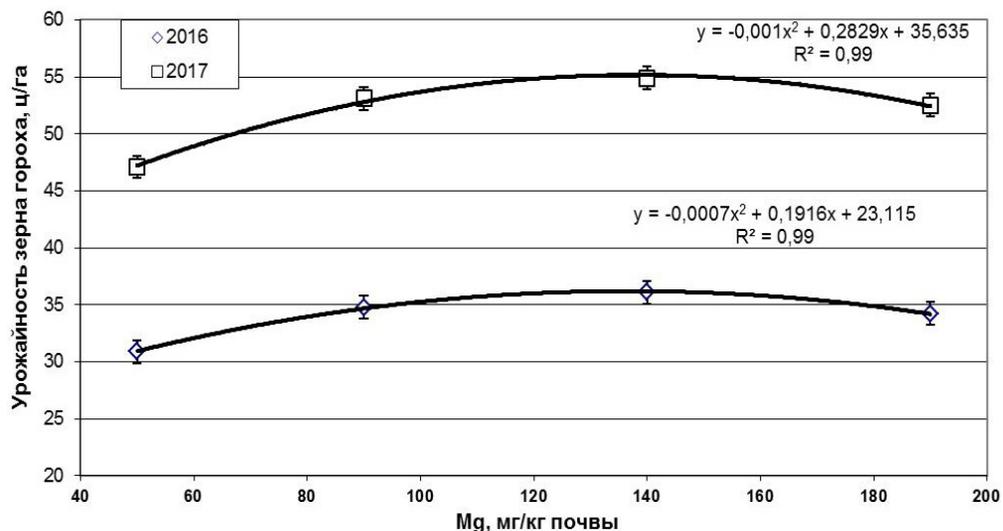


Рис. 1. Урожайность зерна гороха в зависимости от содержания обменного магния в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве, вариант $N_{30}P_{60}K_{120}$

Согласно приведенным на рис. 1 уравнениям параболы, наибольшая расчётная урожайность зерна гороха в 2016 г. получена при обеспеченности почвы обменным магнием Mg – 140 мг/кг, а в 2017 – 135 мг/кг почвы. Таким образом, определен ориентировочный расчетный диапазон оптимального содержания обменного магния в почве для получения высокой урожайности зерна гороха – Mg 125–150 (или MgO 220–250) мг/кг почвы. Этот диапазон оптимума находится в верхней части четвертой группы действующей в Беларуси градации обеспеченности почв магнием. При этом эквивалентное соотношение в почве катионов Ca : Mg должно быть в пределах около 5, а соотношение K : Mg – около 0,6.

Существенное влияние на формирование урожайности зерна гороха оказали некорневые подкормки раствором сульфата магния в фазу бутонизации. Наибо-

лее эффективными подкормки оказались на первых двух уровнях обеспеченности почвы обменным магнием в диапазоне 46–92 мг Mg на кг почвы (табл. 2). Некорневые подкормки сульфатом магния Mg₁ и Mg_{1,5} обеспечили прибавку урожайности зерна к фону на первом уровне содержания обменного магния (46–50 мг/кг) – 6,1 и 6,6 ц/га, на втором уровне (90–92 мг/кг) – 4,1 и 5,1 кг/га соответственно. При более высоком содержании в почве обменного магния некорневые подкормки сульфатом магния оказались неэффективными.

Таблица 2

Прибавки урожайности зерна гороха к фону N₃₀P₆₀K₁₂₀ от применения магниевых и серосодержащих удобрений на разных уровнях содержания в почве обменного магния (в среднем за 2016–2017 гг.)

Вариант	Урожайность зерна, ц/га				Прибавка зерна гороха к фону, ц/га			
	уровни содержания Mg, мг/кг почвы							
	46–50	90–92	138–147	183–197	46–50	90–92	138–147	183–197
N ₃₀ P ₆₀ K ₁₂₀ (фон)	39,0	43,9	45,5	43,4				
Фон + Mg ₁	45,1	48,0	47,0	42,0	6,1	4,1	1,5	–1,4
Фон + Mg _{1,5}	45,6	49,0	47,3	42,5	6,6	5,1	1,8	–0,9
Фон+ S ₃₆	43,6	46,9	45,7	43,9	4,6	3,0	0,2	0,5
Фон+ S ₃₆ + Mg ₁	48,0	49,7	46,2	44,0	9,0	5,8	0,7	0,6
Фон+ S ₃₆ + Mg _{1,5}	48,6	50,7	47,1	42,8	9,6	6,8	1,6	–0,6
НСП ₀₅ варианты уровни	2,61				–			
	1,17				–			

Применение серосодержащего удобрения (S₃₆) сульфата аммония было эффективно на низком уровне (Mg 46–50 мг/кг) содержания магния в почве, прибавка урожайности зерна составила 4,6 ц/га, а на среднем уровне (Mg 90–92 мг/кг почвы), прибавка урожайности зерна составила только 3 ц/га. Повышение обеспеченности почвы обменным магнием до 138–197 мг/кг сопровождалось снижением прибавки урожайности зерна гороха до незначительных величин.

Наиболее эффективными оказались подкормки сульфатом магния на фоне серосодержащего удобрения при низкой (Mg 46–50) и средней (Mg 90–92 мг/кг) обеспеченности почвы обменным магнием. Прибавки урожайности зерна гороха составили 9,6 и 6,8 ц/га, соответственно.

Таким образом, содержание в почве обменных форм магния служит критерием как для определения интервала оптимальной обеспеченности магнием возделываемых культур, так и для прогноза эффективности магниевых подкормок растений. Некорневые подкормки 4% раствором сульфата магния в дозе Mg 1,5 кг/га могут быть эффективными на посевах гороха в стадию бутонизации на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах 1–3 групп обеспеченности обменным магнием.

Для более объективной оценки состояния магниевое питания растений желательно почвенную диагностику дополнить растительной. Известно, что концентрации магния в растениях гороха в фазу бутонизации наиболее тесно коррелируют с содержанием магния в почве. К началу образования бобов содержание магния

в растениях гороха снижается и различия между уровнями обеспеченности почвы обменным магнием сглаживаются. Магниева диагностика растений гороха в фазу бутонизации предпочтительнее, так как данные могут быть получены до оптимального срока проведения некорневой подкормки растений сульфатом магния.

В наших опытах с увеличением в почве содержания обменного магния с 46–50 мг/кг до 183–197 мг/кг наблюдалось повышение содержания магния в растениях гороха в 1,5 раза и одновременное снижение содержания кальция в 1,3 раза, калия в 1,1 раза (рис. 2). Это объясняется тем, что доступность катиона Mg^{2+} растениям зависит от емкости катионного обмена почвы и влияния конкурирующих катионов Ca^{2+} , K^+ , Na^+ , NH_4^+ , Fe^{2+} , Al^{3+} . Влияющими катионами в большей степени являются Ca^{2+} и K^+ [17,18,19]. В свою очередь, повышение в почве содержания обменного магния сопровождается уменьшением поступления в растения кальция, и, в меньшей степени, калия.

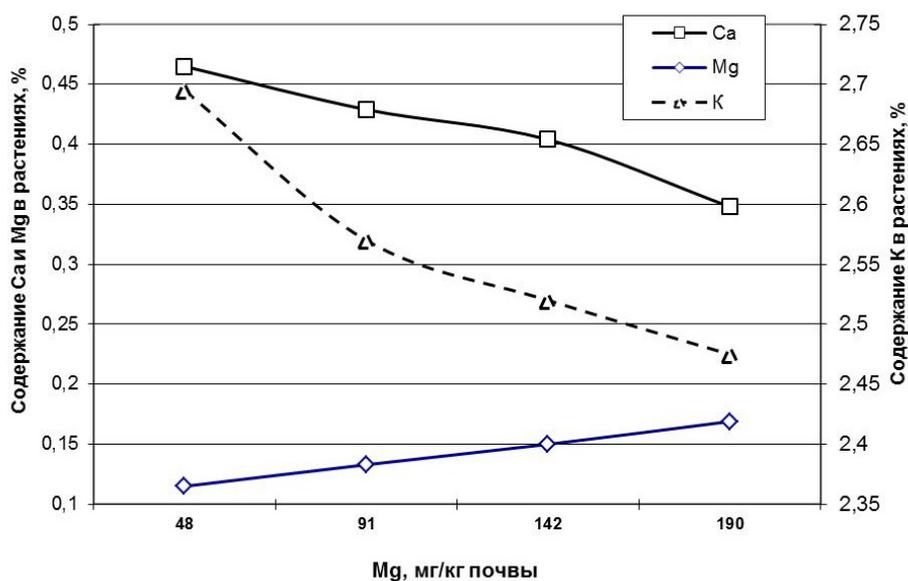


Рис. 2. Содержание Mg, Ca и K в растениях гороха в фазу начало цветения в зависимости от содержания обменного магния в дерново-подзолистой легкосуглинистой почве (в среднем за 2016–2017 гг.)

Повышение в почве содержания обменного магния на 100 мг/кг в интервале от 50 до 200 мг/кг почвы сопровождается увеличением концентрации магния в растениях гороха в фазу цветения на 0,04 %, уменьшением поступления в растения кальция на 0,08 % и уменьшением поступления калия на 0,15 %.

ВЫВОДЫ

1. В условиях модельных полевых экспериментов установлен диапазон оптимального содержания обменного магния для получения высокой урожайности зерна гороха на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах: 125–150 мг Mg на кг почвы. Этот диапазон оптимума соответствует четвертой группе действующей в Беларуси градации обеспеченности почв магнием. При этом эквивалентное

соотношение в почве катионов Са : Mg должно быть в пределах около 5, а соотношение К : Mg – около 0,6.

2. Получены существенные прибавки урожайности зерна гороха 9,6 и 6,8 ц/га от некорневых подкормок растений сульфатом магния на фоне серы на низком и среднем уровнях обеспеченности почвы обменным магнием в диапазоне 46–92 мг/кг почвы.

3. Повышение в почве содержания обменного магния на 100 мг/кг в интервале от 50 до 200 мг/кг почвы сопровождается увеличением концентрации магния в растениях гороха в фазу цветения на 0,04 %, уменьшением поступления в растения кальция на 0,08% и уменьшением поступления калия на 0,15 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Магницкий, К.П.* Магниевые удобрения / К.П. Магницкий. – М.: Колос, 1967. – 200 с.
2. *Мазаева, М.М.* Магниевое питание растений и магниевые удобрения: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук / М.М. Мазаева. – М., 1967. – 42 с.
3. *Шкляев, Ю.Н.* Магний в жизни растений / Ю.Н. Шкляев. – М.: Наука, 1981. – 95 с.
4. *Аристархов, А.Н.* Агрохимическое обоснование применения магниевых удобрений / А.Н. Аристархов // Плодородие. – 2002. – № 3. – С. 15–17.
5. Nutritional disorders of plants – development, visual and analytical diagnosis / W. Bergmann [et al.] // Stuttgart, New York. – 1992. – 234 p.
6. Агрохимическая характеристика почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь / И.М. Богдевич [и др.]; под общ. ред. И.М. Богдевича. – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2012. – 276 с.
7. *Очковская, Л.В.* Влияние уровней обеспеченности дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы магнием при различном соотношении СаО : MgO на урожай сельскохозяйственных культур и его качество / Л.В. Очковская, В.В. Барашенко // Актуальные проблемы адаптивной интенсификации земледелия на рубеже столетий. – Минск: Бел. изд. тов-во «Хата», 2000. – С 54–57.
8. *Шор, В.Ч.* Возделывание гороха и яровой вики в чистых и смешанных посевах / В.Ч. Шор, Л.И. Белявская // Современные ресурсосберегающие технологии производства растениеводческой продукции в Беларуси: сб. науч. тр. 2-е изд., доп. и перераб. / НПЦ НАН Беларуси по земледелию. – Минск: ИВЦ Минфина, 2007. – С. 179–190.
9. Корма и биологически активные вещества / Н.А. Попков [и др.]. – Минск: Беларуская навука, 2005. – 882 с.
10. *Кукреш, Л.В.* Оценка белка зернобобовых культур по аминокислотному составу / Л.В. Кукреш, И.В. Рышкель // Земляробства і ахова раслін. – 2008. – № 1. – С. 21–24.
11. Зернобобовые культуры / Д. Шпаар [и др.]. – Минск: ФУ Аинформ, 2000. – 264 с.
12. Растениеводство; 2-е, перераб. изд. под ред. проф. В.Н. Степанова. – М.: Колос, 1965. – 470 с.
13. *Тарануха, В.Г.* Горох: значение, биология, технология: пособие / В.Г. Тарануха, С.С. Камасин. – Горки, 2009. – 52 с.

14. *Кукреш, Л.В.* Горох (биология, агротехника, использование) / Л В Кукреш Н.П. Лукашевич. – Минск: Ураджай, 1997. – 159 с.

15. Растениеводство: учебник / под ред. В.А. Федотова. – СПб.: Лань, 2015. – 336 с.

16. Статистический ежегодник 2016 / Национальный статистический комитет Республики Беларусь, 2016.

17. *Барбер, С.А.* Биологическая доступность питательных веществ в почве. Механистический подход / С.А. Барбер; под ред. Э.Е. Хавкина. – М.: Агропромиздат, 1988. – 376 с.

18. Nutritional disorders of plants – development, visual and analytical diagnosis / W. Bergmann [et al.] // Stuttgart, New York. – 1992. – 234 p.

19. Basic cation saturation rations as a basis for fertilizing and liming agronomic crops. II. Field studies / E.O. McLean [et al.] // Agronomy Journal. – 1983. – P. 635–639.

EFFECT OF EXCHANGEABLE MAGNESIUM SYPPLY OF SOD-PODZOLIC LIGHT LOAMY SOIL ON THE PEA'S GRAIN YIELD

I.M. Bogdevitch, Yu.V. Putyatin, I.S. Stanilevich, V.A. Dovnar, P.S. Manko

Summary

The optimal range of exchangeable Mg content (125–150 mg/kg) in sod-podzolic light loamy soil for the high yield or pea's grain had been found in the field experiments. The equivalent ratio of Ca:Mg should be around 5 and ratio K:Mg – around 0.6. Sufficient grain yield response up to 0.68–0.96 t/ha to foliar application of magnesium sulphate solution verified the deficit of Mg nutrition for pea plants at Mg content 46–92 mg/kg of soil.

Поступила 11.05.18

УДК 635.656:631.8

ВЛИЯНИЕ МАКРО-, МИКРОУДОБРЕНИЙ, РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА И РИЗОБИАЛЬНОГО ИНОКУЛЯНТА НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО СЕМЯН ПОСЕВНОГО ГОРОХА

И.Р. Вильдфлуш, О.В. Малашевская

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

ВВЕДЕНИЕ

В почвенно-климатических условиях Беларуси наиболее продуктивной зерно-бобовой культурой является горох. Среди существующих источников растительного белка для балансирования концентрированных кормов экономически выгод-