

УДК 631.5:633.358

ФОРМИРОВАНИЕ ПРОДУКТИВНОСТИ ГОРОХА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ДОЗ, СПОСОБОВ ВНЕСЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ И ПРЕДПОСЕВНОЙ ИНОКУЛЯЦИИ СЕМЯН В УСЛОВИЯХ ЛЕВОБЕРЕЖНОЙ ЛЕСОСТЕПИ УКРАИНЫ

В. Ф. КАМИНСКИЙ, Д. П. СОКИРКО

*ННЦ «Институт земледелия НААН»,
пгт. Чабаны, Украина, 08162*

В. В. ГАНГУР, Л. С. ЕРЕМКО

*Институт свиноводства и агропромышленного производства НААН,
г. Полтава, Украина, 36013, e-mail: V.GANGUR@RAMBLER.RU*

(Поступила в редакцию 03.01.2019)

В статье представлены результаты исследований, полученные на Полтавской государственной сельскохозяйственной опытной станции им. Н. И. Вавилова Института свиноводства и АПВ в течение 2015–2017 гг., по изучению влияния различных доз и способов внесения минеральных удобрений, проведения предпосевной инокуляции семян и совместного влияния данных агроприемов на формирование продуктивности гороха в условиях недостаточного увлажнения Левобережной Лесостепи Украины.

Установлено, что применение микробиологического препарата комплексного действия Ризогумин, обеспечение растений основными элементами минерального питания в процессе их роста и развития имеет положительное влияние на размеры ассимиляционной поверхности, продолжительность и продуктивность ее фотосинтетической работы, синтез хлорофилла, нарастание надземной массы, что в дальнейшем определяет ход формирования хозяйственно ценной части урожая.

При выращивании гороха на зерно наиболее эффективным является проведение посева инокулированными семенами на фонах полного минерального удобрения $N_{45}P_{45}K_{45}$ и дробного внесения $N_{30}P_{45}K_{45}$ под основную обработку почвы и подкормки растений минеральным азотом в дозе N_{15} в начале ветвления. Включение этих агроприемов в технологию возделывания позволяет повысить зерновую продуктивность посевов гороха, соответственно до 3,60 и 3,67 т/га, что на 0,7–0,77 т/га или 24,1–26,6 % больше, чем на фоне без внесения удобрений. Следует отметить тенденцию к повышению урожайности посевами гороха в результате положительного влияния дробного внесения азота, по сравнению с однократным.

Ключевые слова: горох, минеральные удобрения, инокуляция семян, площадь листовой поверхности, хлорофилл, продуктивность.

The article presents results of research obtained at the Poltava State Agricultural Experimental Station named after N.I. Vavilov of the Institute of Pig Production and Agro-Industrial Production during 2015–2017 into the influence of various doses and methods of fertilizer application, pre-sowing seed inoculation and the joint effect of these agricultural methods on the formation of productivity of peas in conditions of insufficient wetting of the Left-bank Forest-Steppe of Ukraine.

It has been established that the use of a microbiological preparation Rizogumin of the complex action, providing plants with the basic elements of mineral nutrition in the process of their growth and development, has a positive effect on the sizes of assimilation surface, the duration and productivity of its photosynthetic work, chlorophyll synthesis, growth of the above-ground mass, which further determines the course of formation of the economically valuable part of the crop.

When growing peas for grain, it is most effective to sow inoculated seeds on the backgrounds of full mineral fertilizer $N_{45}P_{45}K_{45}$ and fractional application of $N_{30}P_{45}K_{45}$ for the main tillage and plant nutrition with mineral nitrogen at a dose of N_{15} at the beginning of branching. The inclusion of these agricultural methods in the cultivation technology allows you to increase the grain productivity of pea crops, respectively, to 3.60 and 3.67 t/ha, which is by 0.7–0.77 t/ha or 24.1–26.6% more than on the background without fertilizer. A tendency should be noted to increase the yield of pea crops as a result of the positive effect of fractional nitrogen application, compared with a single one.

Key words: peas, mineral fertilizers, seed inoculation, leaf surface area, chlorophyll, productivity.

Введение

В условиях увеличения дефицита растительного белка особое значение приобретает расширение посевов зернобобовых культур, которые обладая огромным биоресурсным потенциалом, занимают ведущее место в развитии пищевой промышленности и обеспечении полноценной кормовой базы в отрасли животноводства.

Возделывание культур данной группы способствует оптимизации микробиологической обстановки в почве, улучшению её химических и биологических свойств, в результате

этого существенно повышается почвенное плодородие, увеличивается урожайность и качество зерна последующих культур севооборота.

Одной из важнейших зернобобовых культур является горох. В состав его зерна входит 20–25 % белка, 25–50 % крахмала, витамин С, витамины группы В, РР, каротин, соли калия, фосфора, кальция [1, 2]. В гороховом сене и соломе содержится, соответственно 13 и 8 % белка [3].

Растения гороха за счет симбиотической азотфиксации способны удовлетворить до 70 % своей потребности в азоте. Кроме того, с корневыми и пожнивными остатками в почву поступает до 150 кг/га азота [4].

Основная часть

Проблема повышения продуктивности агрофитоценоза напрямую связана с фотосинтетической деятельностью растений, в ходе которой солнечная энергия поглощенная хлорофиллом, содержащимся в зеленых частях растений, преобразуется в химические эквиваленты, используемые на синтез углеводов из углекислого газа и воды [5].

Первичные продукты фотосинтеза, участвуя в реакции вторичного метаболизма, образуют до 80–90 % органических соединений растительных клеток, служащих структурным и энергетическим материалом, обеспечивающим существование растений [6].

Центром образования первичных продуктов фотосинтеза, их метаболизации и эвакуации в органы запаса является листовая поверхность. В зависимости от запросов растения лист способен менять состав синтезированных органических соединений и компонентов энергетического метаболизма, направление транспорта и использования ассимилянтов на развитие генеративных органов, что во многом определяет ход продукционного процесса [7].

Рост растений, формирование ассимиляционной поверхности и продуктивность ее фотосинтетической работы, синтез хлорофилла в значительной степени определяются наличием основных элементов минерального питания в почве [8].

Азот является структурным элементом молекул хлорофилла и белка, что влияет на образование хлоропластов и накопление зеленого пигмента в них, определяет интенсивность нарастания надземной массы и формирования листовой поверхности.

Образование органических веществ, входящих в состав растений, связано с затратами энергии, аккумулированной в виде макроэргических фосфатных связей. Фосфорилированные соединения принимают участие на всех этапах фотосинтеза. Фосфор влияет на стабильность молекул хлорофилла в растениях, особенно при неблагоприятных погодных условиях [9]. Его дефицит является причиной нарушения фотохимических и темновых реакций фотосинтеза.

Калий участвует в процессах синтеза и оттока углеводов, активирует фосфорилирование, обуславливает водоудерживающую способность клеток и тканей, повышает устойчивость растений к воздействию неблагоприятных факторов внешней среды [10].

Обеспечение растений необходимым и сбалансированным количеством элементов минерального питания в период их роста и развития, использование биопрепаратов на основе эффективных штаммов микроорганизмов для обеспечения высокого уровня азотфиксации и длительной деятельности бобово-ризобияльного комплекса являются одними из основных условий повышения продуктивности агрофитоценозов и улучшения качества растительной продукции.

Целью данной работы было изучение влияния микробиологического препарата комплексного действия Ризогумин, качественного соотношения и количественного состава макроэлементов на формирование продуктивности гороха.

Исследования проводились на опытном поле Полтавской государственной сельскохозяйственной опытной станции им. Н. И. Вавилова Института свиноводства и АПВ.

Почвенный покров опытного участка представлен черноземом типичным малогумусным тяжелосуглинистым, с содержанием гумуса в слое 0–20 см 4,9–5,2 %, гидролизуемого азота – 5,4–6,8 мг/100 г почвы (по Тюрину и Кононовой), фосфора в уксуснокислой вытяжке – 10,0–12,3 мг/100 г почвы (по Чирикову), обменного калия – 17,0–17,7 мг/100 г почвы (по Масловой). Реакция почвенного раствора слабокислая (рН солевой вытяжки 6,3).

Гидротермические условия вегетационного периода гороха в годы проведения исследований были неоднородными, что позволило всесторонне оценить изучаемые агротехнические приемы.

Опыт был заложен в трехкратной повторности в соответствии с методикой и техникой проведения полевых исследований Б. А. Доспехова [11]. Посевная площадь делянки составляла 40 м², а учетная – 20 м². Размещение вариантов и повторностей последовательное. В опыте высевали сорт гороха Царевич. Схема опыта представлена в табл. 1.

Технология выращивания гороха, за исключением изучаемых факторов, была общепринятой для зоны Левобережной Лесостепи Украины. Предпосевную инокуляцию семян проводили при использовании микробиологического препарата комплексного действия Ризогумин из расчета 300 г на одну гектарную норму. Минеральные удобрения вносили под основную обработку почвы. Их дозы определяли расчетно-балансовым методом. Подкормку растений проводили в начале ветвления.

Площадь листовой поверхности, массу растений, содержание сухого вещества, показатели урожайности, определяли по общепринятой методике [12]. Определение содержания фотосинтетических пигментов осуществлялось на спектрофотометре (растворитель – 96 %-й этанол).

Рост растения, формативный, органообразовательный и рост как увеличение сухой биомассы начинается, главным образом, вслед за формированием фотосинтетической системы листа и осуществления процесса фотосинтеза. Образовавшиеся органические соединения, поглощенные минеральные соли и вода в дальнейшем используются на образование поверхности органов и тканей, их регенерацию и запасные отложения [12].

Результаты исследований свидетельствуют о том, что внесение минеральных удобрений, проведение инокуляции семян и их сочетание способствовало повышению интенсивности формирования ассимиляционной поверхности, накопления органической массы растениями гороха.

На изучавшихся фонах минерального удобрения было отмечено увеличение площади листовой поверхности, фитомассы и массы растений в абсолютно сухом состоянии на 5,0–14,8 тыс. м²/га, 6,8–9,5 г и 1,17–3,23 г соответственно по сравнению с контролем (табл. 1).

Таблица 1. Влияние минеральных удобрений, инокуляции семян и их сочетания на морфологические характеристики растений гороха (фаза цветения), среднее за 2015–2017 гг.

Схема удобрения	Фитомасса 1 растения, г	Масса сухого вещества 1 растения, г	Площадь листовой поверхности посева, тыс.м ² /га
Контроль (без удобрений)	28,5	6,68	25,9
N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅	35,3	7,85	30,9
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	36,8	8,61	34,7
N ₁₅ P ₃₀ K ₃₀ + N ₁₅ (подкормка)	35,0	8,48	35,2
N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	36,1	9,51	39,2
N ₃₀ P ₄₅ K ₄₅ + N ₁₅ (подкормка)	38,0	9,90	40,7
Контроль (без удобрений) + инокуляция семян Ризогумином	31,8	7,46	26,3
N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅ + Ризогумин	37,9	9,33	33,5
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ + Ризогумин	41,8	9,83	35,9
N ₁₅ P ₃₀ K ₃₀ + N ₁₅ (подкормка) + Ризогумин	41,5	10,0	36,6
N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅ + Ризогумин	41,6	10,8	40,6
N ₃₀ P ₄₅ K ₄₅ + N ₁₅ (подкормка) + Ризогумин	42,7	11,4	43,2

Проведение инокуляции семян способствовало повышению значений данных показателей до 26,3 тыс. м²/га, 31,8 г и 7,46 г соответственно. При сочетании изучавшихся агроприемов наблюдалось более интенсивное нарастание надземной биомассы растений и формирование ассимиляционного аппарата, о чем свидетельствует увеличение площади листовой поверхности, фитомассы и массы растений в абсолютно сухом состоянии по сравнению с контролем, соответственно на 7,6–17,3 тыс. м²/га, 9,4–14,2 и 2,65–4,72 г.

Наиболее благоприятные условия для формирования фотосинтетического аппарата и накопления общей надземной биомассы растениями гороха сложились при сочетании обработки семян микробиологическим препаратом Ризогумин, внесении минеральных удобрений в дозе N₃₀P₄₅K₄₅ под основную обработку почвы и подкормки N₁₅ в начале ветвления.

Важнейшей характеристикой фотосинтетической деятельности растений в посевах является содержание хлорофилла (формы а и б) в листьях, он выступает в роли промежуточного элемента в трансформации поглощенной солнечной энергии в энергию химических связей, используемую для синтеза органических соединений.

Интенсивность образования зеленого пигмента напрямую зависит от наличия в почве доступных для растений форм элементов минерального питания [5].

Результаты наших исследований показали, что внесение минеральных удобрений способствовало повышению значений суммы хлорофиллов по сравнению с контролем на 1,4–5,4 мг/г сухого вещества листьев (табл. 2). При проведении инокуляции семян величина данного показателя находилась на уровне 27,2 мг/г сухого вещества листьев, что на 0,8 мг/г, или 3,03 % больше, чем в контрольном варианте. Сочетание изучаемых агроприемов способствовало повышению содержания хлорофиллов до 28,8–32,4 мг/г сухого вещества листьев. Следует отметить закономерное увеличение значений данного показателя по мере повышения дозы внесения минерального азота. Также необходимо подчеркнуть, что наиболее интенсивными темпами происходило накопление зеленого пигмента обеих форм растениями гороха на фоне внесения полного минерального удобрения N₄₅P₄₅K₄₅ под основную обработку почвы.

Улучшение условий минерального питания оказывало положительное влияние на формирование, продолжительность и продуктивность фотосинтетической работы ассимиляционного аппарата. В свою очередь направленность процессов передвижения и использования ассимилянтов на нарастание надземной биомассы и формирование репродуктивных органов определяли уровень индивидуальной продуктивности растений.

Таблица 2. Содержание хлорофилла в листьях гороха (фаза цветения) под воздействием минеральных удобрений, инокуляции семян и их сочетания на среднее за 2015–2017 гг.

Варианты удобрения	Содержание хлорофилла, мг/г сухого вещества листьев			
	хлорофилл а	хлорофилл б	а+б	а/б
Контроль (без удобрений)	21,9	4,43	26,4	4,95
N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅	22,9	4,94	27,8	4,63
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	24,1	6,40	30,5	3,76
N ₁₅ P ₃₀ K ₃₀ + N ₁₅ (подкормка)	24,2	6,38	30,6	3,80
N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	24,8	7,00	31,8	3,54
N ₃₀ P ₄₅ K ₄₅ + N ₁₅ (подкормка)	24,8	6,91	31,7	3,59
Контроль (без удобрений) + инокуляция семян Ризогумином	22,2	4,97	27,2	4,47
N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅ + Ризогумин	23,1	5,65	28,8	4,09
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ + Ризогумин	24,7	5,93	30,6	4,17
N ₁₅ P ₃₀ K ₃₀ + N ₁₅ (подкормка) + Ризогумин	24,9	6,11	31,1	4,09
N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅ + Ризогумин	25,8	6,33	32,1	4,07
N ₃₀ P ₄₅ K ₄₅ + N ₁₅ (подкормка) + Ризогумин	25,7	6,68	32,4	3,85

На изучаемых фонах минерального питания количество бобов на растениях и зерен в них, масса 1000 семян увеличились по сравнению с контролем соответственно на 0,8–1,1 шт., 2,1–4,3 шт., 8,0–20,7 г (табл. 3). При проведении инокуляции семян значения данных показателей составляли 3,9 шт., 16,1 шт., 237,7 г соответственно.

Таблица 3. Влияние минеральных удобрений, инокуляции семян и их сочетания на индивидуальную продуктивность растений гороха, среднее за 2015–2017 гг.

Варианты удобрения	Количество бобов на растении, шт.	Количество зерен на растении, шт.	Масса 1000 семян, г
Контроль (без удобрений)	3,4	14,7	233,6
N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅	4,2	16,8	241,6
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	4,1	17,7	245,7
N ₁₅ P ₃₀ K ₃₀ + N ₁₅ (подкормка)	4,4	17,9	251,6
N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	4,2	18,3	251,5
N ₃₀ P ₄₅ K ₄₅ + N ₁₅ (подкормка)	4,5	19,0	254,3
Контроль (без удобрений) + инокуляция семян Ризогумином	3,9	16,1	237,7
N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅ + Ризогумин	4,5	18,0	243,7
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ + Ризогумин	4,5	18,5	246,4
N ₁₅ P ₃₀ K ₃₀ + N ₁₅ (подкормка) + Ризогумин	4,8	19,6	252,8
N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅ + Ризогумин	4,8	18,6	252,9
N ₃₀ P ₄₅ K ₄₅ + N ₁₅ (подкормка) + Ризогумин	5,0	19,8	255,5

Более эффективным оказалось сочетание изучаемых агроприемов, о чем свидетельствует увеличение количества бобов на растениях и зерен в них по сравнению с контрольным вариантом на 1,1–1,6 шт. и 3,3–5,1 шт. Масса 1000 семян находилась в пределах 243,7–255,5 г, что превышает значение на контроле на 10,1–21,9 г, или на 4,3–9,4 %.

Наиболее благоприятные условия для формирования продуктивности гороха создавались при посеве инокулированными семенами на фонах внесения N₄₅P₄₅K₄₅, N₃₀P₄₅K₄₅ под основную обработку почвы и подкормки N₁₅ в начале ветвления (табл. 4). Урожайность зерна в данных вариантах была на уровне 3,60 и 3,67 т/га соответственно.

В целом по опыту применение минеральных удобрений способствовало повышению зерновой продуктивности посевов гороха в среднем за 3 года до 3,13–3,41 т/га. При проведении инокуляции семян урожайность зерна составляла 3,05 т/га, что на 0,15 т/га больше, чем на контроле. Сочетание изучаемых агроприемов улучшало условия роста и развития растений, что позволило повысить зерновую продуктивность посевов гороха до 3,34–3,67 т/га.

Средние за 2015–2017 гг. результаты исследований также указывают на более благоприятное влияние дробного внесения азота минеральных удобрений на формирование урожайности посевами гороха, по сравнению с внесением всей дозы под основную обработку почвы. При этом прибавка урожая зерна гороха на фоне инокуляции семян и без нее составляла соответственно 0,08 и 0,07 т/га.

Таблица 4. Урожайность зерна гороха в зависимости от влияния минеральных удобрений, инокуляции семян и их сочетания, среднее за 2015–2017 гг.

Схема удобрения	Урожайность зерна, т/га			Среднее за 3 года, т/га
	2015 г.	2016 г.	2017 г.	
Контроль (без удобрений)	2,31	4,07	2,32	2,90
N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅	2,42	4,4	2,56	3,13
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	2,5	4,48	2,72	3,23
N ₁₅ P ₃₀ K ₃₀ + N ₁₅ (подкормка)	2,55	4,56	2,71	3,27
N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅	2,54	4,41	3,03	3,33
N ₃₀ P ₄₅ K ₄₅ + N ₁₅ (подкормка)	2,63	4,46	3,15	3,41
Контроль (без удобрений) + инокуляция семян Ризогумином	2,52	4,24	2,38	3,05
N ₁₅ P ₁₅ K ₁₅ + Ризогумин	2,67	4,68	2,68	3,34
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀ + Ризогумин	2,68	4,86	2,79	3,44
N ₁₅ P ₃₀ K ₃₀ + N ₁₅ (подкормка) + Ризогумин	2,71	4,87	2,85	3,48
N ₄₅ P ₄₅ K ₄₅ + Ризогумин	2,81	4,77	3,23	3,60
N ₃₀ P ₄₅ K ₄₅ + N ₁₅ (подкормка) + Ризогумин	2,83	4,83	3,34	3,67
НСР _{0,95 т/га} фактор А (удобрения)	0,09	0,06	0,12	–
фактор В (микробиопрепарат)	0,08	0,10	0,20	–
взаимодействие АВ	0,18	0,13	0,28	–

Заключение

Полученные результаты исследований свидетельствуют о том, что в условиях недостаточного увлажнения Левобережной Лесостепи Украины внесение минеральных удобрений, инокуляция семян микробиологическим препаратом комплексного действия Ризогумин и их сочетание имеют положительное влияние на формирование ассимиляционной поверхности, интенсивность ее фотосинтетической работы, синтез хлорофилла, нарастание надземной массы растений гороха, что в дальнейшем определяет ход формирования их индивидуальной продуктивности.

При выращивании гороха на зерно наиболее эффективным является проведение посева инокулированными семенами на фонах полного минерального удобрения $N_{45}P_{45}K_{45}$, дробного внесения $N_{30}P_{45}K_{45}$ под основную обработку почвы и подкормки минеральным азотом в дозе N_{15} в начале ветвления. Данные агроприемы позволяют повысить урожайность зерна гороха до 3,60 и 3,67 т/га соответственно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кадермас, И. Г. Фотосинтетическая активность, клубенькообразующая способность и урожайность гороха посевного в условиях южной Лесостепи Западной Сибири / И. Г. Кадермас, Н. А. Поползухина, А. М. Асанов, Л. В. Омелянюк // Омский научный вестник. – 2013. – № 1 (118). – С. 193–196.
2. Тедеева, А. А. Влияние минеральных удобрений на продуктивность посевов гороха в условиях Лесостепной зоны РСФСР – Алания / А. А. Тедеева, Д. М. Мамиев, З. П. Оказова // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 2–1. [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=21238> – Дата доступа: 01.02.2018.
3. 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.
4. Ансабаева, А. С. *Агроэкологические аспекты возделывания зернобобовых культур в степной зоне Акмолинской области: дис. ... доктора философии (PhD): 6D080100 / А. С. Ансабаева. – Астана, 2016. – 135 с.*
5. Pavlović, D. Chlorophyll as a measure of plant health / D. Pavlović, B. Nikolić, S. Durović, H. Waisi, A. Anđelković, D. Arisavljević // Agroecological aspects Pestic. Phytomed. . – 2014. – № 29 (1). – P. 21–34.
6. Мокроносов, А. Т. Фотосинтетическая функция и целостность растительного организма / А. Т. Мокроносов. – М.: Наука, 1983. – 63 с.
7. Васин, В. Г. Влияние биостимуляторов на показатели фотосинтетической деятельности и продуктивности гороха / В. Г. Васин, О. В. Вершинина, О. Н. Лысак // Зернобобовые и крупяные культуры . – 2015. – № 2 (14). – С. 26–34.
8. Никитин, С. Н. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах и динамика ростовых процессов при применении биологических препаратов / С. Н. Никитин // Успехи современного естествознания. – 2017. – № 1. – С. 33–38.
9. Vojović, B. Chlorophyll and carotenoid content in wheat cultivars as a function of mineral nutrition / B. Vojović, J. Stojanović // Arch. Biol. Sci., Belgrade. – 2005. – №57(4). – P. 283–290.
10. Магомедова, М. Х.-М. Влияние условий минерального питания на флуоресценцию, фотосинтетическую активность и ростовые параметры растений / М. Х.-М. Магомедова, А. Т. Мамаев, М. Ю. Алиева // Юг России: экология, развитие. – 2008. – № 2. – С. 52–56.
11. Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований / Б. А. Доспехов. – М.: Колос, 1985. – 416 с.
12. Ничипорович, А. А. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах / А. А. Ничипорович, Л. Е. Строганова, С. Н. Чмора, М. Н. Власова. – М.: Изд-во АН СССР, 1961. – 137 с.