

КОРРЕКТИРОВКА АГРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ БОБОВО-ЗЛАКОВЫХ ПОСЕВОВ С УЧЕТОМ ГИДРОМОРФИЗМА ПОЧВЫ

А.Г. КРАСНОПЁРОВ, Н.И. БУЯНКИН, доктора сельскохозяйственных наук

О.А. АНЦИФИРОВА,* кандидат сельскохозяйственных наук
ФГБНУ «КАЛИНИНГРАДСКИЙ НИИ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА»

E-mail: kaliningradniish@yandex.ru

* ФГБОУ ВО «КАЛИНИНГРАДСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

В работе показаны приемы совершенствования технологии возделывания смешанных посевов бобово-злаковых культур с учетом влияния гидроморфизма почвы. Применена методика выявления тренда по линейной регрессии зависимости определяемого свойства от расстояния. Пространственная неоднородность уровня рНКС1 и содержания гумуса имеет тенденцию к убыванию и связана с развитием эрозионных процессов на пологом склоне. Достоверность различий свойств между ареалами почв по уровню рН, гумусу и обменному калию выше, чем по вариантам опытов. Поэтому различия почвенно-геоморфологических факторов приводят к формированию пестроты агрохимических свойств на поле. Наиболее чувствительными к влиянию повышенной кислотности являются смешанные посевы люпина с ячменем. Урожайность зеленой и воздушно-сухой массы, количество растений на единице площади, высота растений люпина различаются между двумя ареалами почв. Различия достоверны для смешанных посевов и люпина Витязь. Показатели продуктивности люпина варьируют в пространстве по убывающему тренду. В условиях преобладающей среднекислой реакции среды наиболее продуктивным оказался люпин сорта Сидерат 38. Изученные закономерности рекомендуется учитывать при совершенствовании агротехнологии возделывании озимых и яровых зернобобовых культур в смешанных посевах во избежание ошибок в интерпретации результатов.

Ключевые слова: дерново-подзолистые почвы, неоднородность почвенного покрова, люпин узколистый, продуктивность.

Понятие «смешанные посевы» включает совместные посевы двух и более культур в одном агроценозе. Наиболее простым и универсальным способом получения сбалансированного корма является переход к выращиванию бобовых и злаковых культур в смешанных посевах в озимой и яровой форме.

В настоящее время широко известна многофункциональная роль люпина и вики как кормовых и средоулучшающих культур [1]. Кормовые сорта люпинов, яровой и озимой вики являются источником дешевого растительного протеина, например, содержание белка в зерне люпина может достигать 35-47% [2]. Смеси люпина с зерновыми культурами для получения зеленого корма и особенно зернофуража еще мало распространены в производстве. Интерес к смешанным посевам культур определяется возможностью сбора с единицы площади большего урожая, чем при возделывании тех же культур в чистых посевах, а также получением продукции, сбалансированной по потребительским качествам с сохранением плодородия почвы [3].

В практическом отношении больше всего подходят люпиново-зерновые и вико-зерновые смеси, высеваемые в озимой и яровой форме. Оптимизация подбора сортов и соотношения компонентов вико-люпино-злаковых смесей позволит внедрить в производство экологически безопасную, безпестицидную, энергосберегающую технологию выращивания зернофуража, сбалансированного по переваримому протеину [4]. Цель – корректировка агротехнологических приемов возделывания бобово-злаковых посевов с учетом гидроморфизма почвы при формировании сбалансированного агроландшафта со смешанными посевами в полевых севооборотах при уборке их на корма и зернофураж.

Объект и методы

Исследования проводили в 2015-2017 гг. на стационаре опытного поля отдела земледелия Калининградского НИИСХ. В физико-географическом аспекте участок находится в пределах Полесской моренной равнины. Абсолютные отметки над уровнем моря 17-18 м. Почвы осушаются системой закрытого гончарного дренажа. Изучение агрохимических свойств пахотного горизонта (0-20 см) на делянках площадью по 100 м² с одновидовыми и смешанными посевами озимых и яровых бобово-злаковых культур проводилось в двух четырехпольных и двух пятипольных севооборотах (табл. 1, рис. 1).

Таблица 1

Схема чередования культур в опытных севооборотах на стационаре в 2016-2017 гг.

1	Ячмень Нур +люпин узколистный Белозерный 110	I севооборот	I повторность
2	Овес Буг +вика Юбилейная 110		
3	Тритикале Корнет+озимая вика Калининградская 6		
4	Люпин узколистный Витязь	II севооборот	
5	Овес Буг+пелюшка Зарянка		
6	Люпин узколистный Азуро		
7	Картофель Сиреневый туман	III севооборот	
8	Овес Буг +вика Юбилейная 110		
9	Пшеница озимая Зентос		
10	Овес Буг +вика Юбилейная 110	IV севооборот	
11	Картофель Сиреневый туман		
12	Пшеница яровая Дарья+Люпин белый Дега		
13	Люпин Сидерат-38		
14	Тритикале Торнадо+озимая вика Калининградская 6		
15	Люпин узколистный Витязь		
16	Ячмень Нур+люпин узколистный Белозерный 110		
17	Пшеница озимая Зентос		
18	Картофель Сиреневый туман		

Анализ почвенных образцов проводили по следующим методикам: рН_{KCl} определяли потенциометрически, обменный калий и подвижные фосфаты – по Кирсанову (ГОСТ Р 54650-2011), гумус – по Тюрину, гидролитическую кислотность – по Каппену, степень насыщенности основаниями – расчетным методом, обменный алюминий – по Соколову. Все анализы выполнены в 4-кратной повторности. Статистическая обработка данных проведена в Excel по стандартным и рекомендованным методам [5, 6].

Результаты и обсуждение

Делянки стационарных опытов располагаются на пологом склоне к р. Овражке. Общий уклон на юго-запад. В результате детальной почвенной съемки вскрыта неоднородность почвообразующих пород верхней двухметровой толщи и установлено, что в пределах полевого стационара расположена элементарная почвенная структура (ЭПС), включающая два основных компонента, дифференцированные по элементам рельефа: 1) элементарный почвенный ареал (ЭПА) дерново-подзолистой глееватой легкосуглинистой почвы на моренных супесях и легких суглинках в условиях ровного слабопологого (до 1⁰) участка; 2) ЭПА дерновоподзолистой глееватой слабосмытой легкосуглинистой почвы с подстилением карбонатными красно-коричневыми тяжелыми суглинками и глинами с глубины 30-70 см на пологом (1-2⁰) участке. За пределами опытов ЭПА 2 выходит в микроложбину. Таким образом, делянки пересекали оба ЭПА. Агрохимическое обследование проведено поделяночно. Обработка результатов сделана в двух вариантах: 1) с учетом почвенно-

геоморфологических особенностей по широкой (20 м) трансекте общей длиной 270 м; 2) по вариантам опытов.



Рис. 2. Космический снимок полевого стационара

В результате обобщения всей выборки установлено, что на изученных делянках опытов преобладает среднекислая реакция среды с варьированием от сильнокислой до слабокислой. Для оценки пространственного изменения pH_{KCl} применена методика выявления тренда по линейной регрессии зависимости определяемого свойства (y) от расстояния (x) (в начале трансекты принимается $x=0$). Результаты показывают, что неоднородность выражена в форме убывающего значимого тренда от ЭПА 1 к ЭПА 2 по мезорельефу. Различия между ЭПА достоверны.

Выяснение природы почвенной кислотности показало неоднозначную картину по делянкам. Однако в 72% случаев в составе обменных катионов преобладает водород над алюминием. Следовательно, кислотность обусловлена в большей степени антропогенными факторами: длительным применением гидролитически кислых удобрений (аммонийной селитры), а также гербицидов с кислой реакцией раствора (например, глифосатсодержащих препаратов).

Максимальное содержание алюминия в пахотном слое составило 2,9 мг на 100 г почвы. Корреляционная зависимость между pH_{KCl} и обменным алюминием средняя ($r = -0,60$ – коэффициент корреляции).

Количество обменных оснований среднее с варьированием от низкого до повышенного. Пестрота этого свойства связана с локальными неоднородностями содержания тонкодисперсной фракции в составе мелкозема, припашкой на слабосмытых почвах карбонатного горизонта подстилающей породы. Различия между ЭПА недостоверны.

Пространственное распределение гумуса аналогично изменению значений pH : обнаружен убывающий значимый тренд от ЭПА 1 к ЭПА 2. Различия между ЭПА достоверны и показывают, что на пологом склоне юго-западной экспозиции преобладают почвы слабой степени смытости.

Среднестатистическое содержание подвижного фосфора и обменного калия высокое с варьированием от повышенного до высокого. Различия между ЭПА по фосфору недостоверны, а по калию достоверны.

Таким образом, в пределах опытных посевов варьирование агрохимических свойств чаще всего укладывается в две соседние стандартные оценочные группы и является слабым. Исключение составляет pH_{KCl} , который и будет являться лимитирующим показателем.

При анализе неоднородности свойств без учета почвенных особенностей, а только по вариантам опытов видно, что пестрота сильнее выражена в повторностях вариантов «люпин Белозерный 110+ ячмень Нур и люпин Витязь». Размещение делянок в варианте севооборота с

алкалоидным люпином Сидерат 38 характеризуется минимальным пространственным варьированием всех свойств, за исключением содержания гумуса (табл. 2).

Таблица 2

Статистические показатели варьирования агрохимических свойств почв на стационаре с учетом компонентов почвенного покрова

Показатель	рН _{KCl}	H _r	Сумма обменных оснований	Степень насыщенности основаниями, %	Гумус, %	Подвижный P ₂ O ₅	Обменный K ₂ O
		мг-экв на 100 г почвы				мг/кг	
Повторности делянок на варианте люпин+ячмень, n=24							
X	4,8	3,5	10,4	74,5	2,1	188,8	195,7
m	0,03	0,05	0,3	1,0	0,02	8,9	7,3
V	5,3	8,3	12,6	9,8	9,1	19,5	13,8
lim	4,4-5,3	1,9-5,1	8,0-15,0	61,0-88,7	1,86-2,43	125-240	167-241
Повторности делянок на варианте с безалкалоидным люпином Витязь, n=24							
X	4,6	4,2	10,1	72,5	2,1	182,7	182,8
m	0,03	0,04	0,3	1,1	0,02	7,2	6,8
V	4,6	6,8	13,4	10,1	9,6	18,4	12,5
lim	4,2-5,0	2,9-5,6	6,6-14,8	54,0-85,1	1,76-2,38	115-220	132-218
Повторности делянок на варианте с алкалоидным люпином Сидерат38, n=24							
X	4,6	3,9	10,3	71,5	2,0	147,8	183,2
m	0,01	0,03	0,30	0,80	0,02	6,40	5,80
V	204	5,7	12,5	7,9	9,9	15,4	11,0
lim	4,5-4,8	3,5-4,7	8,0-14,8	61,0-77,9	1,66-2,54	104-188	141-200
HCP ₀₅	0,2	0,3	0,9	2,9	0,08	16,1	9,5

Учет надземной фитомассы проведен в фазу сизых бобов, оптимальную для использования люпинов на сидеральные цели. В условиях пространственной пестроты агрохимических свойств наиболее чувствительными к уровню рН_{KCl} оказались смешанные посевы (табл. 3).

Таблица 3

Урожайность зеленой массы (кг/м²) одновидовых и смешанных посевов в вариантах севооборота и с учетом ЭПА

Зеленая масса	Варианты севооборота с люпинами		
	Люпин+ячмень	Витязь	Сидерат 38
По вариантам	3,54 ± 0,15 19,5	4,18 ± 0,14 18,7	4,90 ± 0,18 12,7
В пределах ЭПА 1	4,01 ± 0,17 8,7	4,72 ± 0,15 7,7	4,73 ± 0,13 6,0
В пределах ЭПА 2	3,07 ± 0,15 16,1	3,67 ± 0,13 8,1	5,02 ± 0,20 11,8
HCP ₀₅	0,51	0,45	0,52

Оптимальная реакция среды почвенного раствора для ячменя 6-7,5. На изученных делянках значения ниже оптимальных и варьируют в пространстве. Поэтому в варианте «люпин + ячмень» при статистической обработке урожая зеленой массы с делянок повторов выявлен высокий коэффициент корреляции именно с рН_{KCl} (r = 0,81).

Безалкалоидный люпин Витязь реагирует снижением общей урожайности на увеличение кислотности почв. Несмотря на то, что культура люпина является максимально устойчивой к почвенной кислотности, при низких рН блокируется симбиотическая азотфиксация и, соответственно, прирост зеленой массы. Оптимальный рН для узколистного

люпина лежит в слабокислой области. Эффективность симбиоза возрастает с увеличением рН от 4 до 6,5.

В исследованных нами вариантах севооборотов выражены сортовые особенности люпинов. Так, люпин Сидерат 38 в условиях сильно- и среднекислых почв не только не снижал урожайности зеленой массы, но она в среднем оказалась выше на ЭПА 2 по сравнению с ЭПА 1. Однако эти различия недостоверны (табл. 3).

На урожайность зеленой массы при учете по ЭПС, наряду с агрохимическими свойствами, оказали влияние и условия увлажнения. Запас продуктивной влаги в апреле-июне на ЭПА 1 был выше по сравнению с ЭПА 2 с близким подстиланием тяжелыми слабоводопроницаемыми породами.

Анализ других показателей продуктивности – воздушно-сухой фитомассы, количества растений на единице площади (1 м^2), высоты растений – показал однозначную картину различий между компонентами ЭПС (табл. 4-7).

Однако в ряде случаев различия недостоверны при 5%-ном уровне значимости. Так, высота растений достоверно различается только в варианте с люпином сорта Витязь. Разница между ЭПА по воздушно-сухой фитомассе и количеству растений на единице площади недостоверна в варианте с люпином сорта Сидерат 38.

Таблица 4

Урожайность воздушно-сухой надземной массы ($\text{кг}/\text{м}^2$) одновидовых и смешанных посевов люпина по вариантам севооборотов и с учетом ЭПА

Воздушно-сухая масса	Варианты севооборота с люпинами		
	Люпин+ячмень	Витязь	Сидерат 38
По вариантам	$646,7 \pm 19,6$	$613,3 \pm 22,4$	$726,7 \pm 24,7$
В пределах ЭПА 1	$773,3 \pm 23,6$	$775,0 \pm 13,9$	$760,2 \pm 24,6$
В пределах ЭПА 2	$520,0 \pm 10,6$	$440,0 \pm 20,1$	$735,1 \pm 23,1$
НСР ₀₅ для ЭПА	71,4	64,2	41,7

На основании исследования можно заключить, что люпин Сидерат 38 в условиях преобладающей среднекислой реакции среды по всем изученным показателям продуктивности превосходит люпин Витязь в чистых посевах и люпин Белозерный 110 в смешанных посевах.

Таблица 5

Количество растений люпина на 1 м^2 в одновидовых и смешанных посевах по вариантам севооборотов и с учетом ЭПА

Число растений на 1 м^2	Варианты севооборота с люпинами		
	Люпин+ячмень	Витязь	Сидерат 38
По вариантам	$54 \pm 9,7$	$147 \pm 7,6$	$134 \pm 2,6$
В пределах ЭПА 1	$79 \pm 10,2$	$167 \pm 6,0$	$142 \pm 3,5$
В пределах ЭПА 2	$37 \pm 8,0$	$126 \pm 8,1$	$132 \pm 2,0$
НСР ₀₅ для ЭПА	37,1	27,0	10,2

Таблица 6

Высота растений люпина (см) в одновидовых и смешанных посевах по вариантам опытов и с учетом ЭПА

Высота растений люпина, см	Варианты севооборота с люпинами		
	Люпин+ячмень	Витязь	Сидерат 38
По вариантам	$39,5 \pm 2,9$	$40,2 \pm 2,2$	$45,6 \pm 3,9$
В пределах ЭПА 1	$44,0 \pm 0,8$	$47,7 \pm 1,3$	$50,5 \pm 3,8$
В пределах ЭПА 2	$35,0 \pm 3,5$	$32,7 \pm 2,4$	$43,2 \pm 3,8$
НСР ₀₅ для ЭПА	9,2	15,0	13,8

Таблица 7

Урожайность зерна (ц/га) одновидовых и смешанных посевов люпина по вариантам севооборотов и с учетом ЭПА, среднее 2015-2017 гг.

Масса зерна	Варианты севооборота с люпинами		
	Люпин+ячень	Витязь	Сидерат 38
По вариантам	23,5 ± 0,3	21,2 ± 0,1	25,7 ± 0,3
В пределах ЭПА 1	25,0 ± 0,1	25,5 ± 0,2	27,3 ± 0,3
В пределах ЭПА 2	21,1±0,1	23,5 ± 0,1	24,8 ± 0,2
НСР ₀₅ для ЭПА	1,5	1,4	1,3

Мы проверили гипотезу о влиянии почвенно-агрохимических свойств на продуктивность люпина в пространстве с помощью построения трендов линейной регрессии по трем показателям – высоте растений, воздушно-сухой надземной фитомассе и массе зерна. При расчетах использовалась общая выборка средних значений по всем вариантам. Полученные результаты выявили наличие значимого убывающего тренда.

Выводы

1. В пределах полевого стационара отдела земледелия расположена элементарная почвенная структура, включающая два ареала дерново-подзолистых легкосуглинистых глееватых почв: 1) незэродированных, сформировавшихся на моренных супесях и суглинках; 2) слабоэродированных с подстиланием тяжелыми суглинками и глинами.

2. Установлено, что пространственная неоднородность уровня рН_{KCl} и содержания гумуса имеет убывающий значимый тренд и связана с развитием эрозионных процессов на пологом склоне. Достоверность различий свойств между ЭПА по уровню рН, гумусу и обменному калию выше, чем по вариантам севооборотов. Поэтому следует признать ведущую роль почвенно-геоморфологических факторов в формировании пестроты агрохимических свойств на изученном опытном поле.

3. Наиболее чувствительными к влиянию повышенной кислотности являются смешанные посевы люпина Белозерный 110 с ячменем сорта Нур.

4. Урожайность зеленой и воздушно-сухой массы, количество растений на единице площади, высота растений люпина отличаются на различных ЭПА. В пространстве это выражается в наличии убывающего тренда в связи с варьированием почвенно-агрохимических факторов.

5. В условиях преобладающей среднекислой реакции среды на разных ЭПА дерново-подзолистых глееватых почв при проведении опыта наиболее продуктивным из трех вариантов – люпин Белозерный 110 + ячень Нур, люпин Витязь, люпин Сидерат 38 оказался алкалоидный сорт люпина Сидерат 38. Поэтому его целесообразно использовать в севооборотах как предшествующую культуру для картофеля, зерновых культур, рапса, льна и рекультивации почв.

6. Изученные закономерности рекомендуется учитывать при дальнейшем совершенствовании агротехнологии возделывания озимых и яровых бобово-злаковых культур в смешанных посевах.

Литература

1. Агеева П.А., Почутина Н.А. Актуальные требования к новым сортам узколистного люпина в условиях меняющегося климата // Зернобобовые и крупяные культуры. 2016. № 1. – С.99-103.
 2. Буянкин Н.И., Краснопёров А.Г. Научные основы ресурсосберегающего производства кормов в смешанных посевах озимых и яровых бобово-злаковых культур//Кормопроизводство. 2014. № 5. – С. 24-28.
 3. Зотиков В.И., Нечаев Л.А., Буянкин Н.И., Краснопёров А.Г. Способ сохранения плодородия почв путем выращивания зеленых кормов // Патент на изобретение № 2478301 МПК А01С7/00 (2006.01); А01В79/00 (2006.01). Опубликовано 10.04.2013 в Официальном Бюллетене Федеральной Службы по интеллектуальной собственности «Изобретения и полезные модели» № 10, 2013.
 4. Артюхов А.И. Научное обеспечение развития кормопроизводства на основе люпина // Многофункциональное адаптивное кормопроизводство: средообразующие функции кормовых растений и экосистем: сб. науч. тр., // ВИК им. В.Р. Вильямса. 2014. Вып.2 (50). – С.43-54.

5. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Москва: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

6. Дмитриев Е. А. Математическая статистика в почвоведении. – Москва: Изд-во МГУ, 1995.

CORRECTION OF AGROPROCESSING METHODS OF CULTIVATION OF BEAN AND CEREAL CROPS TAKING INTO ACCOUNT THE SOIL HYDROMORPHISM

A.G. Krasnoperov, N.I. Buyankin, O.A. Ancifirova*

FGBNU «KALININGRAD RESEARCH INSTITUTE OF AGRICULTURE»

*FGBOU HE «KALININGRAD TECHNICAL UNIVERSITY»

Abstract: *In work methods of improvement of technology of cultivation of the mixed crops of bean and cereal cultures taking into account influence of a hydromorphism of the soil are shown. We apply the method to identify the trend by linear regression of the dependence of the definable property on the distance. Spatial heterogeneity of pH (KCl) level and humus content is decreasing significantly and is associated with the development of erosion processes on a smooth slope. The significance of differences between the areas of soil properties on the level of pH, humus and exchange potassium is higher than on experimental options. Therefore, differences in soil and geomorphologic factors lead to diversity of agrochemical properties in the field. The most sensitive to the effects of increased acidity are mixed sowings of lupine with barley. Yields of green mass and air-dry weight, number of plants per unit area, and the height of lupine differ between the two areas of soil. Differences are valid for mixed crops and Vitiaz lupine. Indicators of lupine productivity vary in space according to a downward trend. Under the conditions of prevailing medium acid reaction, the most productive was siderat lupine. It is recommended to consider investigated patterns when planning future scientific experiments with bacterial fertilizers and nitrogen-fixing bacteria strains in order to avoid errors in interpretation of results.*

Keywords: sod-podzolic soils, soil heterogeneity, blue lupine, productivity.

УДК 633.15:631.5

ЭФФЕКТИВНЫЕ БЕЗОПАСНЫЕ ПРИЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ УРОЖАЙНОСТИ КУКУРУЗЫ НА ЗЕРНО

В.Н. НАУМКИН, Л.А. НАУМКИНА, А.М. ХЛОПЯНИКОВ*,

доктора сельскохозяйственных наук

А.Н. КРЮКОВ, кандидат сельскохозяйственных наук

ФГБОУ ВО «БЕЛГОРОДСКИЙ ГАУ ИМЕНИ В.Я. ГОРИНА»

*ФГБОУ ВО «БРЯНСКИЙ ГУ ИМЕНИ И.Г. ПЕТРОВСКОГО»

Приведены результаты полевых исследований по влиянию приемов основной обработки почвы, минеральных удобрений и регуляторов роста растений на плотность сложения, скважность, запасы продуктивной влаги, основные элементы питания чернозема типичного, а также физиологические показатели посева, урожайность и эффективность возделывания кукурузы на зерно. Опыты проводили в Белгородском НИИСХ в многолетнем, зернопаропропашином севообороте, предшественник – яровой ячмень. Почва опытного участка чернозем типичный, тяжелосуглинистого гранулометрического состава. Объектом исследования служил среднеранний гибрид кукурузы Прогноз152 СВ универсального типа использования.

В статье определены оптимальные приемы основной обработки почвы, дозы минеральных удобрений и регуляторов роста растений при возделывании кукурузы на зерно. Полученные данные подтверждают возможность при возделывании кукурузы на зерно на черноземе типичном замены традиционной вспашки на 25-27 см на безотвальную обработку