

17. Мальцев В.Т., Мошкарёв В.Н., Дьяченко Е.Н., Бутырин М.В. Влияние минеральных удобрений и извести на агрохимические показатели серой лесной кислой почвы и продуктивность севооборота в Иркутской области // Результаты длительных исследований в системе географической сети опытов с удобрениями Российской Федерации. – М.: ВНИИА, 2012. – С. 201–221.

Поступила в редакцию 12.02.2014

**N.N. DMITRIEV, Candidate of Science in Biology, Director,
E.N. DYACHENKO, Candidate of Science in Agriculture, Laboratory Head,
A.T. SHEVELEV, Researcher**

*Irkutsk Research Institute of Agriculture,
Russian Academy of Agricultural Sciences
e-mail: gnu_iniish@mail.ru*

WHEAT AND BARLEY PRODUCTIVITY IN CROP ROTATION CONSISTING OF GRAIN CROP, ROW CROP AND LEGUME GRASS AT COMPLEX APPLICATION OF LIME AND FERTILIZERS

Results are given from research into the effect of complex and separated applications of lime and mineral fertilizers on spring wheat and barley productivity in crop rotation consisting of a grain crop, a row crop and legume grass. It was found that for three rotations on the average, mineral fertilizers increased barley productivity by 4.4–8.7 centner per ha against a natural background, and by 3.0–7.2 centner per ha, when liming. In the variants of applying NK and NPK, productivity made up 32.4–35.8 and 34.9–38.0 centner per ha, respectively, and it was highest in the trial. A positive influence of lime fertilizers on barley productivity was revealed. It was proved that the use of green-manured fallow as a wheat predecessor decreased the aftereffect of mineral fertilizers of the second year against both backgrounds in all the variants. Wheat productivity for 2001–2012 varied from 33.0 to 34.5 centner per ha on the average, and did not depend on a background and degree of fertilization. The effectiveness of mineral fertilizers against the liming background was tended to decrease (7–10 percent). The maximum payback for 1 ruble input under NPK application was observed in the third rotation and made up 2.4 rubles.

Keywords: crop rotation, liming, mineral fertilizers, green manuring, gray forest soil, areas near Baikal.

УДК 631.51:581.587:633.352

**Н.В. ПЕРФИЛЬЕВ, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий отделом,
О.А. ВЬЮШИНА, научный сотрудник**

*ГНУ Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Северного Зауралья
Россельхозакадемии
e-mail: natalya_sharapov@bk.ru*

ОСНОВНАЯ ОБРАБОТКА ТЕМНО-СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЫ И ФОРМИРОВАНИЕ СИМБИОТИЧЕСКОГО АППАРАТА НА КОРНЕВОЙ СИСТЕМЕ ВИКИ

Проанализировано влияние применения в течение трех ротаций севооборота отвальной и безотвальной систем основной обработки на формирование симбиотического аппарата на корневой системе зернобобовой культуры вики. Исследования проведены на темно-серой

лесной почве в Северном Зауралье. Установлено, что в ранний период вегетации безотвальная система обработки способствует более интенсивному формированию симбиотического аппарата вики на фоне без удобрений и на фоне их применением (на 17,0–18,3 % по массе клубеньков и на 7,8–9,0 % по их числу), чем вспашка. Однако из-за короткого периода, благоприятного по влажности и плотности пахотного слоя почвы для формирования и функционирования клубеньков, установленная закономерность не приводит к улучшению азотного питания последующей культуры по безотвальной обработке. Внесение минеральных удобрений замедляло формирование клубеньков, снижая их массу на 24,7–29,8 %, число на 15,1–16,7 %.

Ключевые слова: основная обработка, симбиотический аппарат, клубеньки, нитратный азот.

Оценивая влияние обработки почвы на содержание доступных питательных веществ, большинство исследователей отмечают ухудшение азотного питания по безотвальным и мелким обработкам [1–4]. По нашим данным, обработка почвы без оборота пласта после зерновых предшественников приводит к снижению содержания нитратного азота в пахотном слое относительно отвальной системы обработки почвы к периоду посева на 12,0–29,4 %, в слое почвы 10–40 см на 16,5–33,5 % [5].

В складывающихся условиях некоторого дефицита азотного питания зерновых культур по безотвальной обработке представляло интерес установить влияние основной обработки почвы на формирование симбиотического аппарата на корневой системе зернобобовой культуры. Из литературы известно, что при снижении содержания доступного азота в почве происходит активизация клубеньковых бактерий, усваивающих азот воздуха [6]. В связи с этим мы ожидали, что снижение нитрификационных процессов в почве при мелких и глубоких безотвальных обработках приведет к усилению развития симбиотического аппарата. Азотное питание последующих за бобовой культурой зерновых культур будет улучшаться за счет азотфиксации из воздуха в большей степени, чем по варианту вспашки, и нивелировать недостатки безотвальных обработок по азотному питанию растений.

Цель данного исследования – определить влияние отвальной и безотвальной систем обработки на формирование симбиотического аппарата на корневой системе зернобобовой культуры.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили в стационарном опыте 1996–2000 гг. на опытном поле Научно-исследовательского института сельского хозяйства Северного Зауралья Россельхозакадемии в период третьей ротации полевого севооборота: чистый пар – озимая рожь – вика – пшеница – ячмень, развернутого во времени и в пространстве. Почва темно-серая лесная тяжелосуглинистая. Глубина гумусного слоя 25–27 см, содержание гумуса 4,2–5,0 %, рН солевой вытяжки 6,0–6,4, сумма поглощенных оснований 29,4 мг/экв. Влияние системы основной обработки почвы на формирование симбиотического аппарата вики изучали по методике Г.С. Посыпанова [6] на фоне без удобрений и на фоне с применением $N_{80}P_{80}K_{60}$. При отвальной системе во всех полях севооборота проводили ежегодную вспашку плугом ПН-4-35 на глубину 20–22 см, при безотвальной – рыхление плугом со стойками конструкции СибИМЭ на ту же глубину. Весной на обоих фонах основной обработки проводили закрытие влаги боронами

БЗСС-1,0, общепринятую предпосевную обработку культиватором Сма-рад и посев сеялкой СЗП-3,6. Норма высева семян вики – 1,8 млн всхожих зерен/га.

Активность формирования симбиотического аппарата оценивали по показателям изменения массы клубеньков, их численности, а также по величине активного симбиотического потенциала (АСП). Величина АСП дает наиболее объективную оценку функционирования симбиотического аппарата, так как количество фиксированного азота зависит не только от массы клубеньков с леггемоглобином, но и от продолжительности их функционирования. Данный показатель объединяет эти два критерия азотфиксации. АСП выражают в кг / (сут · га) и рассчитывают по формуле

$$\text{АСП} = M_1 + M_2 / 2 \times T,$$

где Т – период времени, дней; $M_1 + M_2 / 2$ – средняя масса клубеньков с леггемоглобином за период Т, кг/га.

Годы исследований по метеоусловиям вегетационного периода можно характеризовать следующим образом: 1996 г. – близкий к среднемуголетним по осадкам и теплу; 1999 г. – хорошо обеспеченный осадками к условиям, по тепловому режиму близкими к среднемуголетним; 1997, 1998, 2000 гг. – недостаточно обеспеченные осадками, теплые.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В наших исследованиях установлено, что наибольшее развитие симбиотического аппарата достигается в фазу ветвления вики. В дальнейшем наблюдалось снижение массы и числа клубеньков с леггемоглобином (табл. 1, 2). Данное снижение объясняется быстрой потерей влаги из слоя почвы 0–20 см, нестабильностью увлажнения, а также чрезмерным его уплотнением [5].

Влияние обработки обусловливается обеспеченностью осадками вегетационного периода, увлажнением пахотного слоя почвы, уровнем питания. В 1999 г. была хорошая обеспеченность осадками вегетационного периода – 138 % к среднемуголетнему показателю, запасы продуктивной влаги слоя почвы 0–30 см – 45–49 мм (73–80 % от НВ). В связи с этим безотвальная обработка стойками СибИМЭ способствовала более интенсивному, чем вспашка, формированию симбиотического аппарата вики на фоне без удобрений и с применением их. По безотвальной обработке масса клубеньков с леггемоглобином на протяжении периода исследований была выше на 9,0–53,0 %, АСП за вегетацию – на 1,5–26 %, причем на фоне естественного плодородия положительное влияние безотвальной обработки на АСП было выше.

В 1996 г. метеоусловия вегетационного периода были близкими к среднемуголетним, запасы продуктивной влаги в слое почвы 0–30 см в период посева – 42–50 мм (78–81 % от НВ). Безотвальная обработка ЛП-0,35 на глубину 20–22 см способствовала увеличению массы клубеньков на 0,18 г/100 растений, или на 11,1 %, только в фазу ветвления.

К фазе цветения по безотвальной обработке происходило более резкое, чем по вспашке, снижение массы клубеньков с леггемоглобином. Снижение массы по безотвальному фону составило 1,22 г/100 растений,

Таблица 1

Динамика формирования симбиотического аппарата корневой системы вики в зависимости от основной системы обработки почвы на фоне естественного плодородия (1996–2000 гг.)

Год	Ветвление		Цветение		Полный налив семян		АСП за вегетацию кг / (сут · га)	
	Обработка							
	отвальная	без- отвальная	отвальная	без- отвальная	отвальная	без- отвальная	отвальная	без- отвальная
1996	$\frac{1,62}{3226}$	$\frac{1,80}{2234}$	$\frac{1,34}{1146}$	$\frac{0,58}{588}$	$\frac{0,44}{448}$	$\frac{0,32}{494}$	925,0	739
1997	$\frac{1,12}{824}$	$\frac{1,58}{1220}$	$\frac{0,40}{452}$	$\frac{0,34}{540}$	$\frac{0,16}{292}$	$\frac{0,31}{244}$	710,0	715
1998	$\frac{1,10}{856}$	$\frac{1,18}{826}$	$\frac{2,04}{3568}$	$\frac{0,56}{1584}$	$\frac{0,32}{228}$	$\frac{0,36}{192}$	1327,0	680
1999	$\frac{4,02}{1274}$	$\frac{4,38}{1638}$	—	—	$\frac{0,60}{736}$	$\frac{0,92}{1288}$	1467,0	1855
2000	$\frac{1,32}{704}$	$\frac{1,50}{654}$	—	—	0,88	0,46	1109,0	1000
Среднее...	$\frac{1,84}{1377}$	$\frac{2,09}{1314}$	$\frac{1,26}{1722}$	$\frac{0,49}{904}$	$\frac{0,46}{394}$	$\frac{0,52}{549}$	1108,0	998

Примечание. В числителе – масса клубеньков с леггемоглобином, г/100 растений; в знаменателе – число клубеньков, шт./100 растений.

тогда как по вспашке – 0,28 г/100 растений. В более поздние фазы развития вики масса клубеньков по безотвальной обработке была ниже на 0,04–0,12 г/100 растений по сравнению со вспашкой. В целом за вегетацию безотвальная обработка снижала активный симбиотический потенциал на 20,2 %.

Недостаточно увлажнены были 1997, 1998, 2000 гг. – с обеспеченностью осадками вегетационного периода на 71–81 %, запасами продуктивной влаги в слое почвы 0–30 см в период посева 34–49 мм (55–80 % от НВ). Безотвальная обработка способствовала увеличению массы клубеньков в фазу ветвления, налива семян на 0,27–0,10 г/100 растений, или на 24–41 %, по сравнению с вариантом вспашки. В то же время в фазу цветения и в эти годы безотвальная обработка снижала массу симбиотического аппарата в среднем на 0,77 г/100 растений, или на 63 %. Это обстоятельство, а также большая изреженность посевов вики вели к снижению АСП за вегетацию по безотвальной обработке на 320,9 кг/(сут·га), или на 31,5 %.

В среднем за 1998–2000 гг. на фоне без удобрений и с применением минеральных удобрений в начальный период развития растений по безотвальной обработке складывались лучшие, чем по вспашке, условия для развития симбиотического аппарата (табл. 2). Так, по сравнению со вспашкой на фоне без минеральных удобрений в период ветвления масса клубеньков с леггемоглобином была выше по безотвальной обработке на 6,6 кг/га, или на 17 %, число клубеньков – на 9 %. На фоне с внесением удобрений масса клубеньков была выше по безотвальной обработке на 6,2 кг/га, или на 18,3 %, число клубеньков – на 7,8 %.

Таблица 2

Динамика формирования симбиотического аппарата вики в зависимости от системы основной обработки почвы (среднее за 1998–2000 гг.)

Система основной обработки почвы	Показатель, единица измерения	Фаза развития		АСП за вегетацию, кг / (сут · га)
		ветвление	полная спелость	
Без внесения минеральных удобрений				
Отвальная, ПН-4-35 на 20–22 см	Масса клубеньков, г/100 растений	2,15	0,60	-
	Масса клубеньков, кг/га	38,7	14,6	1301
	Число клубеньков, шт./100 растений	945	482	-
Безотвальная, ЛП-0,35 на 20–22 см	Масса клубеньков, г/100 растений	2,35	0,58	-
	Масса клубеньков, кг/га	45,3	11,9	1178
	Число клубеньков, шт./100 растений	1039	740	-
С внесением минеральных удобрений				
Отвальная, ПН-4-35 на 20–22 см	Масса клубеньков, г/100 растений	1,51	0,62	-
	Масса клубеньков, кг/га	33,9	16,1	1058
	Число клубеньков, шт./100 растений	802	370	-
Безотвальная, ЛП-0,35 на 20–22 см	Масса клубеньков, г/100 растений	1,77	0,17	-
	Масса клубеньков, кг/га	40,1	3,40	1031
	Число клубеньков, шт./100 растений	865	374	-

К периоду уборки четкой закономерности влияния обработки почвы на развитие симбиотического аппарата не прослеживалось. При этом АСП по безотвальной обработке снижался на 2–9 % по сравнению со вспашкой в основном за счет большего уменьшения массы клубеньков по безотвальной обработке к периоду полной спелости вики.

Внесение минеральных удобрений замедляло формирование симбиотического аппарата вики. В засушливых условиях 1998 г. в большей степени это проявлялось по отвальному фону обработки, где масса клубеньков с леггемоглобином уменьшалась на удобренном фоне на 1,04–23,3 кг/га, или на 18,6–65 %, число клубеньков – на 43,9–56,6 % по сравнению с фоном естественного плодородия.

По безотвальной обработке в этом случае число клубеньков снижалось от удобрений лишь на 2,1–6,7 %. В связи с этим на фоне с внесением удобрений масса клубеньков по безотвальной обработке на протяжении вегетации была выше, чем по вспашке, на 37,5–58,2 %, АСП – на 55 %.

Во влажном 1999 г. по отвальному и безотвальному фону обработки масса клубеньков на 100 растений на фоне естественного плодородия была выше на 41–55,8 %, число клубеньков – на 20,3–130 %. В этих условиях в большей степени данная тенденция проявилась по безотвальной

Таблица 3
Влияние систем основной обработки почвы
на содержание нитратного азота в слое почвы
0–20 см перед посевом ячменя
(в среднем за 2006–2012 гг.)

Система обработки	Содержание N-NO ₃ , мг/кг почвы	
	Без удобрений	С внесением удобрений
Отвальная	4,89	6,53
Безотвальная	3,85	4,94

обработке по показателю число клубеньков на 100 растений. На фоне естественного плодородия по безотвальной обработке их было больше на 32–130 %, тогда как по вспашке – на 20,3 %.

Данные исследований в среднем за 1998–2000 гг. также показали, что по безотвальному фону формирование симбиотического аппарата на

фоне без удобрений было более интенсивным, чем на удобренном (см. табл. 2).

При недостатке минерального азота на фоне без удобрений происходило усиление развития симбиотического аппарата.

По отвальной обработке на фоне без удобрений масса клубеньков с леггемоглибином в фазу 5–7-го настоящих листьев была выше, чем на фоне с удобрениями, на 29,8 %, число клубеньков на 100 растений – на 15,1 %. По безотвальной обработке разница в пользу фона без удобрений составляла по массе 24,7 %, по числу – 16,7 %.

Данные в среднем за 1998–2000 гг. показывают, что на фоне без удобрений АСП выше при отвальной системе обработки на 18,7 %, при безотвальной – на 12,4 % по сравнению с удобренным фоном.

К сожалению, наша гипотеза о том, что усиление биологической азотфиксации по безотвальной обработке будет нивелировать недостатки этой обработки по азотному питанию, не подтвердилась. В целом при низкой обеспеченности почвы нитратным азотом содержание нитратного азота в слое почвы 0–20 см в среднем за пятую ротацию севооборота в 2006–2012 гг. в поле ячменя, следующему после вики, по безотвальной системе обработки было ниже перед посевом на 21,3–24,3 % по сравнению с отвальной системой обработки (табл. 3). Объясняется это довольно коротким, благоприятным по влажности и плотности почвы периодом для формирования и функционирования клубеньков.

ВЫВОДЫ

1. В ранний период вегетации безотвальная обработка способствовала более интенсивному, чем вспашка, формированию симбиотического аппарата вики на фоне без удобрений и на фоне с их применением. По безотвальной обработке масса клубеньков в фазу ветвления была выше на 6,2–6,6 кг/га, или на 17,0–18,3 %, число – на 7,8–9,0 %. Из-за короткого периода, благоприятного по влажности и плотности пахотного слоя почвы для формирования и функционирования клубеньков (посев – ветвление), установленная закономерность не приводила к улучшению азотного питания последующей культуры. При низкой обеспеченности нитратным азотом по безотвальной обработке содержание нитратного азота снижалось на 21,3–24,3 %.

2. Внесение минеральных удобрений замедляло формирование симбиотического аппарата вики по отвальному и безотвальному фону обработки. Масса клубеньков на 100 растений на фоне без удобрений в фазу 5–7-го настоящих листьев была выше в среднем за 1998–2000 гг. на 24,7–29,8 %, число – на 15,1–16,7 %. Активный симбиотический потенциал за вегетационный период на фоне без удобрений был выше на 12,4–18,7 %.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кирушин В.И. Минимализация обработки почвы: перспективы и противоречия // Пути решения экологических проблем в сельскохозяйственном производстве Урала: материалы науч. конф. – Екатеринбург, 2007 – С. 19–27.
2. Храмцов И.Ф. Ресурсосберегающие технологии производства зерна в Западной Сибири // Земледелие. – 2009. – № 4. – С. 5–7.
3. Шарков И.Н. Минимализация обработки и ее влияние на плодородие почвы // Земледелие. – 2009. – № 3. – С. 24–28.
4. Власенко А.Н., Шарков И.Н., Иодко Л.Н. Перспективы минимализации основной обработки сибирских черноземов при возделывании зерновых культур // Сиб. вестн. с.-х. науки. – 2010. – № 7. – С. 5–14.
5. Перфильев Н.В., Вьюшина О.А. Основная обработка и плодородие темно-серой лесной почвы в Северном Зауралье // Сиб. вестн. с.-х. науки. – 2011. – № 11–12. – С. 19–25.
6. Посыпанов Г.С. Методы изучения биологической фиксации азота воздуха: справоч. пособие. – М.: Агропромиздат, 1991. – 300 с.

Поступила в редакцию 11.02.2014

N.V. PERFILYEV, Candidate of Science in Agriculture, Department Head,
O.A. VYUSHINA, Researcher

Research Institute of Agriculture for Northern Trans-Ural Region,
Russian Academy of Agricultural Sciences
e-mail: natalya_sharapov@bk.ru

TILLAGE OF DARK GRAY FOREST SOIL AND FORMATION OF SYMBIOTIC APPARATUS IN ROOT SYSTEM OF VETCH

There was analyzed the effect of moldboard and nonmoldboard tillage techniques applied during three crop rotations on forming the symbiotic apparatus in the root system of such a grain-legume crop as vetch. Investigations were carried out on dark gray forest soil in Northern Trans-Ural Region. It has been found that during the early growing period, nonmoldboard tillage helps the symbiotic apparatus in vetch to be formed more intensively (by 17.0–18.3 percent for tubercle weight and 7.8–9.0 percent for their number) than plowing does against the background of both applying fertilizers and without them. However, because the period favorable in moisture and density of the topsoil for forming and functioning of tubercles is short, the regularity found does not result in improved nitrogenous nutrition of a subsequent crop at nonmoldboard tillage. The application of mineral fertilizers delayed the formation of tubercles reducing their weight by 24.7–29.8 percent and their number by 15.1–16.7 percent.

Keywords: tillage, symbiotic apparatus, tubercles, nitrate nitrogen.