

3. Конова А.М., Гаврилова А.Ю. Баланс питательных веществ в условиях различного насыщения севооборота удобрениями // Динамика показателей плодородия почв и комплекс мер по их регулированию при длительном применении систем удобрения в разных почвенно-климатических зонах: Материалы Международной научной конференции / Под ред. акад. РАН В.Г. Сычева. – М.: ВНИИА, 2018. – С. 169-174.

4. Сычев В. Г. Современное состояние плодородия почв и основные аспекты его регулирования. – М.: РАН, 2019. – 325 с.

5. Методические указания по проведению исследований в длительных опытах с удобрениями. – М., Ч. 1. 1986. – 146 с.

6. Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения. – М.: Росинформагротех, 2003. – 240 с.

7. Минеев В.Г., Дебрецки Б., Мазур Т. Биологическое земледелие и минеральные удобрения. – М.: Колос, 1993. – 413 с.

EFFICIENCY ESTIMATION OF DIFFERENT FLAX CROP ROTATIONS SATURATION WITH FERTILIZERS

N.N. Kuzmenko

Federal Research Center for Bast Fiber Crops, Komsomolskiy pr, 17/56, 170041 Tver, Russia,
e-mail: kuzmenko.nataliya2010@mail.ru

The effect of varying saturations of 8-flax crop rotation with organic and mineral fertilizers on changes in fertility indicators of sod-podzolic soil and productivity was studied. Their effectiveness in the conditions of the Central Non-Black Earth Region is given. The application of 5 tons of manure per 1 ha of crop rotation area + $N_{26}P_{46}K_{62}$ ensured the highest payback of fertilizers with a yield increase (7.9 kg/kg) and the recoupment of additional costs by the cost of a crop (1.1 rub./rub.), but not ensured the preservation of humus reserves. The positive balance of NPK +90 kg/ha, humus +0.30 t/ha, the average annual productivity of 3.57 t g.u./ha were ensured by the application of 10 tons of manure + $N_{19}P_{50}K_{81}$ = 280 kg a.i./ha. The highest crop rotation productivity of 3.97 t g.n./ha with a decrease in product quality, a positive balance of NPK +151 kg/ha and humus +0.30 t/ha was achieved with 12 tons of manure + $N_{27.5}P_{72.5}K_{100}$ = 360 kg a.i./ha. With saturation of crop rotation of 280-370 kg a.i./ha, the cost of fertilizers did not pay off by the cost of increasing the crop.

Keywords: flax crop rotation, saturation with fertilizers, NPK balance, humus, productivity, efficiency.

ИЗМЕНЕНИЕ УРОЖАЙНОСТИ И БИОХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ЗЕРНА ПОЛЕВЫХ КУЛЬТУР В СМЕШАННЫХ ПОСЕВАХ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

М.А. Алёшин, к.с.-х.н., Л.А. Михайлова, д.с.-х.н.,
ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ им. Д.Н. Прянишникова
ул. Петропавловская, 23, г. Пермь, Россия, 614990
E-mail: Matvei0704@mail.ru

Представлены результаты полевого опыта по установлению влияния доз азотных и фосфорно-калийных удобрений на продуктивность одновидовых и смешанных агроценозов яровой пшеницы и посевного гороха. Исследования проведены на среднекультуренной дерново-подзолистой почве. Показано, что зерновая продуктивность смешанных пшенично-гороховых агроценозов изменялась в зависимости от их состава, доз азотных и фосфорно-калийных удобрений. Более высокая урожайность зерна (22,7 ц/га) получена в смешанном агроценозе (пшеница, 75% + горох, 25%) при внесении минеральных удобрений в дозах $N_{60} + P_{60}K_{60}$. Зафиксировано увеличение количества зернового фуражного гороха на 7,1 и 1,6 ц/га (относительно одновидового посева пшеницы) при включении в состав агроценозов посевного гороха в долевом эквиваленте, равном 25 и 50% соответственно. В смешанных агроценозах, зерно яровой пшеницы соответствовало I классу, согласно ГОСТ Р 54078-2010, только по количеству сырого протеина (более 140 г/кг).

Ключевые слова: смешанные посевы, урожайность и биохимический состав зерна, минеральные удобрения, биоэнергетическая оценка.

DOI: 10.25680/S19948603.2020.113.03

На нужды животноводства и птицеводства в России в настоящее время расходуют до 30 млн т зерна. Из общего количества доля фуражных культур составляет около 16 млн т (в том числе: ячмень 8-10 млн т, овес 3,5-4, кукуруза 2,6-2,8 млн т), остальные объемы фуражного зерна восполняются за счет пшеницы. Следует отметить, что для Пермского края подобная картина выражена ещё более остро [1].

По данным Министерства сельского хозяйства и продовольствия Пермского края, за последние пять лет на долю яровых зерновых и зернобобовых культур приходилось в среднем 35,6-39,6% общей площади посевов. Особую обеспокоенность вызывает резкое сокращение посевных площадей под зернобобовыми

культурами – с 11,9 тыс. га в 2013 г. до 6,4 тыс. га в 2017 г. В структуре посевных площадей зерновых культур наиболее весомую часть (41,0-42,3%) занимает яровая пшеница, но её посевы также сокращаются, в то время как урожайность остается достаточно низкой (10,7-14,9 ц/га).

Одна из основных причин низкой урожайности – недостаточное применение минеральных и, прежде всего азотных, удобрений, которым принадлежит ведущая роль в увеличении урожаев на плохо обеспеченных азотом дерново-подзолистых почвах [2].

В сложившейся ситуации возникает недостаток белкового сырья, за счет которого происходит значительный перерасход зерна, используемого на корм скоту и

птице в хозяйствах этого региона и страны в целом. Решение проблемы кормового белка возможно за счет разработки научных основ формирования сложных биокomпонентных агроценозов зерновых и зернобобовых культур с целью оптимизации продукционного процесса и управления качеством зернового вороха и получаемого корма.

Цель исследований – установить влияние азотных и фосфорно-калийных удобрений на урожайность, биохимический состав получаемого зернофуража смешанных посевов в условиях среднекультуренной дерново-подзолистой почвы. Задачи исследований: проследить за изменением урожайности и биохимического состава яровой пшеницы при включении в состав агроценоза посевного гороха, определить эффективность использования удобрений на смешанных посевах посредством расчёта энергетической питательности полученного фуражного зерна.

Методика. Полевые 3-факторные опыты (2010-2011 гг.) закладывали на участке землепользования ООО «Атняшинское» Чернушинского района Пермского края на среднесуглинистой дерново-мелкоподзолистой почве. Согласно агрохимической характеристике, почва характеризовалась очень низким содержанием гумуса (2,17-2,34%), pH_{KCl} – от 4,6 до 5,1, величина гидролитической кислотности – 2,0-3,7 мг-экв/100 г почвы, сумма обменных оснований – 23,9-25,3 мг-экв/100 г почвы, степень насыщенности почв основаниями высокая (>85%), обеспеченность подвижными формами фосфора (107-137 мг/кг) и калия (149-165 мг/кг) по Кирсанову – повышенная.

Схема опыта подразумевала изучение следующих факторов. Фактор А – состав агроценоза: A_0 – пшеница, 100%; A_1 – пшеница, 75% + горох, 25%; A_2 – пшеница, 50% + горох, 50%; A_3 – пшеница, 25% + горох, 75%; A_4 – горох, 100%. Фактор В – фон минерального питания: B_0 – P_0K_0 ; B_1 – $P_{60}K_{60}$. Фактор С – дозы азота: C_0 – N_0 ; C_1 – N_{30} ; C_2 – N_{60} .

В качестве удобрений в опыте использовали мочевины (46% д.в.), суперфосфат простой (26%), калий хлористый (60% д.в.). Удобрения вносили вручную под предпосевную культивацию. Повторность в опыте 4-кратная, расположение вариантов – методом расщепленных (сложных) делянок.

Объекты исследований – допущенные к возделыванию в Пермском крае сорта яровой пшеницы (Иргина) и посевного гороха (Губернатор). Норма высева культур в составе одновидовых агроценозов составляла 7 и 1,4 млн семян/га соответственно. Посев и последующие агротехнические мероприятия проводили согласно общепринятой технологии возделывания яровых зерновых культур в Предуралье. Учёт урожая осуществляли во время уборки, по достижении яровой пшеницей полной спелости.

В лабораторных условиях был проведён полный зоотехнический анализ образцов зерна с использованием следующих методик: влаги и сухого вещества (ГОСТ 31640-2012), сырого протеина (ГОСТ 13496.4-93), сырой клетчатки (ГОСТ 31675-2012), сырого жира (ГОСТ 13496.15-2016), сырой золы (ГОСТ 32933-2014). Содержание кормовых единиц и расчёт количества обменной энергии (ОЭ, Мдж/кг) проводили согласно методике ЦИНАО (Методические указания..., 2002).

Результаты и их обсуждение. Выращивание яровой пшеницы в составе смешанных агроценозов с посевным горохом имеет ряд технологических преимуществ. Правильно составленные смеси достаточно хорошо поддаются прямому механизированному способу уборки, так как устойчивый к полеганию злаковый компонент служит хорошим «опорным» растением для гороха, имеющего вьющийся стебель. Горох в смесях меньше повреждается вредителями и болезнями, раньше и более равномерно созревает, легче обмолачивается, чистится и сортируется. Это особенно важно во влажные годы для среднеспелых сортов гороха, выращивание которых в составе смесей является единственным возможным способом получения семян в условиях региона.

Использование минеральных удобрений способствовало увеличению продуктивности злакового и бобового компонентов в одновидовых и смешанных посевах. По результатам проведенного опыта получены следующие данные урожайности (табл. 1).

1. Урожайность зерна в одновидовых и смешанных посевах пшеницы и гороха под влиянием удобрений, ц/га (в среднем за 2 года)

Состав агроценоза (А)	Дозы фосфора и калия (В)	Дозы азота (С)			Среднее по А НСР ₀₅ = 1,47
		N_0	N_{30}	N_{60}	
Пшеница, 100%	P_0K_0	11,2	12,2	13,2	12,4
	$P_{60}K_{60}$	12,0	12,3	13,3	
Пшеница, 75% + горох, 25%	P_0K_0	15,7	19,2	20,8	19,5
	$P_{60}K_{60}$	17,1	21,3	22,7	
Пшеница, 50% + горох, 50%	P_0K_0	12,6	14,2	15,5	14,0
	$P_{60}K_{60}$	12,7	14,4	14,5	
Пшеница, 25% + горох, 75%	P_0K_0	10,1	10,4	11,0	11,3
	$P_{60}K_{60}$	12,3	13,2	10,8	
Горох, 100%	P_0K_0	5,9	9,3	8,6	9,1
	$P_{60}K_{60}$	10,8	9,5	10,6	
Среднее по С, НСР ₀₅ гл. эфф. = 0,37		C_1	C_2	C_3	
		12,0	13,6	14,1	
Среднее по В, НСР ₀₅ гл. эфф. = 0,68		B_1			12,7
		B_2			13,8
НСР ₀₅ для частных различий	А	1,10			
	В	1,16			
	С	1,11			

В среднем за 2 года исследований урожайность по опыту составила 5,9-22,7 ц/га. Более высокая урожайность зерна (19,5 ц/га) получена в смешанном агроценозе, при следующем соотношении компонентов – пшеница 75% + горох 25%. Большей пластичностью к условиям возделывания, среди изучаемых видов, отличалась яровая пшеница. В отсутствии использования удобрений её урожайность по годам составила 10,8-11,6 ц/га. Горох при тех же равных условиях сформировал урожайность 5,0-6,7 ц/га. Использование удобрений способствовало увеличению продуктивности растений и большему выходу зерна.

На основании главных эффектов по фактору А следует отметить увеличение урожайности на 1,6 и 7,1 ц/га (относительно одновидового посева пшеницы) при включении в состав агроценозов злакового компонента посевного гороха в долевого эквиваленте, равном 50 и 25% соответственно.

Диапазон отзывчивости одновидовых и смешанных посевов на дозы внесённых удобрений был значительным. Так, использование фосфорно-калийных удобрений ($P_{60}K_{60}$) способствовало увеличению урожайности одновидовых ценозов: пшеницы на 0,1-0,8 ц/га, гороха

на 0,2-4,9 и смешанных посевов – на 0,1-4,9 ц/га. В среднем по опыту, прибавка от использования фосфорно-калийных удобрений составила 1,1 ц/га при НСР₀₅ = 0,68 ц/га.

Более высокая отзывчивость на использование азота, в целом по опыту, среди одновидовых посевов, наблюдалась в вариантах с яровой пшеницей. При использовании N₃₀ прибавка составила 1,0 ц/га, а на фоне P₆₀K₆₀ – 0,3 ц/га. Отзывчивость на внесение N₆₀ составила 2,0 и 1,3 ц/га соответственно. Выявленные изменения обусловлены биологическими особенностями развития сельскохозяйственной культуры и зачастую выступают в качестве фактора, лимитирующего уровень её продуктивности. В свою очередь, дополнительное использование фосфорно-калийных удобрений обеспечивало более сбалансированное питание растений пшеницы в условиях среднекультуренной дерново-подзолистой почвы, что способствовало их более высокой отзывчивости на применение минерального азота удобрений.

Увеличение доли зернобобового компонента в составе смешанных посевов с 25 до 50% и далее до 75%, приводит к снижению отзывчивости на дозы азота: N₃₀ с 3,5-4,2 до 1,6-1,7 и до 0,3-0,9 ц/га; N₆₀ с 5,1-5,7 до 1,8-2,9 и до 0,8 ц/га. На основании уровня полученных прибавок, следует отметить, в большинстве случаев, более высокую отзывчивость смешанных посевов на дозы азота при внесении фосфорно-калийных удобрений.

Согласно агрономической оценке, окупаемость 1 кг привнесённого азота прибавкой урожая на смешанном посеве – пшеница, 75% + горох, 25% составила 8,5-14,1 кг/кг; при равном соотношении компонентов (пшеница, 50% + горох, 50%) – 3,0-5,5 кг/кг; при преобладании бобового компонента (пшеница, 25% + горох, 75%) – 1,1-3,0 кг/кг. Более высокая отзывчивость и, как следствие, окупаемость 1 кг N (14,1 кг/кг) отмечены в варианте пшеница, 75% + горох, 25%, при внесении минеральных удобрений в дозах N₃₀ + P₆₀K₆₀.

Классность зерна пшеницы и пригодность для скормливания животным полученного зернового вороха смешанных агроценозов оценивались по количеству основных сырых компонентов: протеин, клетчатка, зола, жир и БЭВ, величина обменной энергии (ОЭ) и кормовых единиц (табл. 2).

За счёт включения в состав агроценозов яровой пшеницы посевного гороха, произошло увеличение общей питательной ценности зернового вороха. Включение только 25% бобового компонента в состав смешанных ценозов яровой пшеницы обеспечило увеличение содержания сырого протеина в среднем до 21,9%. Последующее увеличение долевого присутствия гороха в составе смесей до 50 и 75% дало дополнительно, соответственно, 14,8 и 4,3 г сырого протеина на каждый кг полученного зернового вороха. Схожая динамика отмечена по содержанию сырой клетчатки и сырого жира – произошло увеличение на 2,2-5,0 и 3,2-2,2 г/кг зерносмеси соответственно.

2. Влияние удобрений на биохимический состав и питательную ценность зерна пшеницы / смешанных агроценозов*

Состав агроценозов (фактор А)	Дозы N (фактор С)	Содержится в 1 кг сухого вещества сырого компонента, г					ОЭ, МДж/кг**	К. е.
		протеин	клетчатка	зола	жир	БЭВ		
Пшеница, 75% + горох, 25%	N ₀	<u>159,4 / 207,8</u> **	<u>38,8 / 41,7</u>	<u>19,7 / 25,5</u>	<u>13,3 / 12,3</u>	<u>628,8 / 712,7</u>	<u>12,42</u>	<u>1,25</u>
		154,2 / 216,3	33,4 / 44,2	19,3 / 25,5	14,2 / 14,8	638,9 / 699,2	12,44	1,25
	N ₃₀	<u>167,9 / 221,1</u>	<u>32,8 / 36,2</u>	<u>17,6 / 18,3</u>	<u>12,7 / 17,4</u>	<u>629,1 / 707,0</u>	<u>12,62</u>	<u>1,29</u>
		163,1 / 229,1	34,4 / 42,8	21,0 / 22,9	15,4 / 15,8	626,1 / 689,4	12,48	1,26
	N ₆₀	<u>179,3 / 214,5</u>	<u>41,9 / 43,6</u>	<u>17,3 / 23,5</u>	<u>11,5 / 14,6</u>	<u>610,0 / 703,9</u>	<u>12,47</u>	<u>1,26</u>
		187,7 / 224,9	42,4 / 40,8	15,4 / 19,8	11,7 / 14,9	602,7 / 699,5	12,53	1,27
Пшеница, 50% + горох, 50%	N ₀	<u>174,7 / 235,6</u>	<u>37,6 / 41,0</u>	<u>23,0 / 19,3</u>	<u>13,1 / 15,7</u>	<u>611,6 / 688,5</u>	<u>12,53</u>	<u>1,27</u>
		168,9 / 243,0	39,9 / 41,1	23,0 / 21,9	13,4 / 17,2	614,8 / 676,8	12,52	1,27
	N ₃₀	<u>182,6 / 239,2</u>	<u>32,6 / 48,5</u>	<u>16,5 / 23,0</u>	<u>15,7 / 20,5</u>	<u>612,6 / 668,8</u>	<u>12,52</u>	<u>1,27</u>
		182,8 / 231,8	38,6 / 47,6	20,6 / 23,3	14,2 / 18,7	603,7 / 678,6	12,50	1,27
	N ₆₀	<u>195,8 / 214,0</u>	<u>39,3 / 41,2</u>	<u>21,2 / 20,0</u>	<u>13,1 / 16,6</u>	<u>590,5 / 708,3</u>	<u>12,56</u>	<u>1,28</u>
		205,1 / 239,0	36,8 / 43,4	17,8 / 19,0	13,5 / 20,4	586,8 / 678,2	12,60	1,29
Пшеница, 25% + горох, 75%	N ₀	<u>187,4 / 258,8</u>	<u>43,0 / 53,5</u>	<u>21,8 / 24,4</u>	<u>14,7 / 15,5</u>	<u>593,0 / 647,8</u>	<u>12,37</u>	<u>1,24</u>
		195,1 / 226,4	37,0 / 48,7	21,4 / 21,8	15,8 / 18,4	590,7 / 688,7	12,56	1,28
	N ₃₀	<u>199,4 / 238,0</u>	<u>36,3 / 51,7</u>	<u>19,5 / 25,3</u>	<u>14,1 / 21,7</u>	<u>590,7 / 668,7</u>	<u>12,56</u>	<u>1,28</u>
		206,6 / 232,9	38,2 / 46,3	23,3 / 26,9	17,0 / 23,6	574,9 / 665,0	12,47	1,26
	N ₆₀	<u>193,5 / 244,7</u>	<u>46,4 / 51,4</u>	<u>19,2 / 25,4</u>	<u>12,8 / 21,2</u>	<u>588,2 / 657,3</u>	<u>12,48</u>	<u>1,26</u>
		212,9 / 227,4	47,1 / 41,0	17,1 / 23,3	12,9 / 22,0	570,0 / 686,3	12,60	1,29
Нормы для 1 / 2 / 3 класса зерна пшеницы по ГОСТ Р 54078-2010		>140 / 120-140 / <120	<25 / 25-35 / >35	<18 / 18-22 / >22	-	-	-	-
Нормативные требования оценки качества и питательности зерна для злаковых / бобовых культур		130 / 200	60 / 80				12,0 / 13,0	1,1 / 1,2

*Значения представлены в следующей последовательности: для зерна пшеницы / фактически полученного зернового вороха смешанных агроценозов; **результаты оценки питательности корма приведены только для зернового вороха смешанных агроценозов; ***в числителе представлены значения для варианта B₀ – P₀K₀, в знаменателе – для варианта B₁ – P₆₀K₆₀.

Обратная тенденция зафиксирована по содержанию сырых безазотистых экстрактивных веществ (БЭВ) – произошло снижение их количества в составе зернового вороха с 702,0 до 683,2 и 669,0 г/кг соответственно. Данные изменения весьма логичны и закономерны, и связаны с более высоким содержанием питательных веществ в составе зерна бобового компонента. Согласно данному критерию, зерно бобовых культур относится ко 2-й группе концентрированных кормов, которые отличает высокое содержание сырого протеина (20-

40%), незначительное количество легкорастворимых и легкогидролизуемых углеводов (30-50%) и около 3% сырого жира.

В соответствии с нормативными требованиями к оценке питательности концентрированных кормов [3], полученная во всех вариантах опыта зерносмесь пшеницы и гороха имела достаточное количество обменной энергии (12,37-12,62 МДж/кг) и кормовых единиц (1,24-1,29) в своём составе. То же самое можно сказать и по отдельным показателям качества – содержанию

сырого протеина и клетчатки для зерна злаковых и бобовых культур.

Вопреки устоявшемуся мнению, данную заслугу не следует объяснять только включением в состав агроценозов бобового компонента. Как показывают результаты исследований [4-8], серьёзные изменения биохимического состава претерпевают зерно, а также отдельные вегетативные части растений злакового компонента.

В рамках представленного исследования наблюдалось изменение биохимического состава зерна пшеницы в зависимости от соотношения компонентов в составе смешанных агроценозов и доз вносимых минеральных удобрений. Зафиксировано увеличение количества сырого протеина на 8,7-11,8 г/кг зерна при внесении N в дозе 30 кг/га. При увеличении доли гороха в составе агроценозов (25%→50%→75%) происходит снижение отзывчивости на внесение N в дозе 60 кг/га с 26,8 до 17,8 и 0,1 г/кг соответственно. Во всех вариантах опыта зерно пшеницы по содержанию сырого протеина соответствовало норме для 1-го класса. Выявленная закономерность связана с оптимизацией минерального и, прежде всего азотного, питания яровой пшеницы за счёт биологического потенциала бобовой культуры. Последний, в случае смешанных агроценозов с яровой пшеницей будет обусловлен за счёт: экзосмоса азотистых веществ из клеток корней бобового растения, экономного использования минерального азота почвы и удобрений бобовой культурой; высокой усваивающей способности корневой системы гороха и последующей аккумуляции питательных элементов в ризосферной зоне; более интенсивного развития корневых систем обоих компонентов ценозов, количества и характера корневых выделений, видового разнообразия микробного пула ризосферной зоны.

За счёт использования минерального азота удобрений в дозе 30 кг/га произошло снижение количества сырой клетчатки в зерне пшеницы. Более существенные изменения в уровне признака (5,0-6,7 г/кг зерна) отмечены на фосфорно-калийном фоне P_0K_0 . В условиях интенсивного накопления белковых компонентов соотношение поступающих в зерно азотистых веществ и углеводов, которое в конечном счете и определяет белковистость зерна и содержание в нём клетчатки, у пшеницы может значительно изменяться, в зависимости от внешних условий и физиологического состояния листьев. За небольшим исключением (пшеница, 75% + горох, 25% – $N_0 + P_{60}K_{60}$; – N_{30}) зерно пшеницы по всем вариантам опыта соответствовало норме только для 3-го класса.

Количество сырой золы в зерне пшеницы было тесно связано с количеством отрубных оболочек в составе. Варьирование данного признака в большей степени происходило в зависимости от состава агроценоза и находилось в пределах 16,4-19,5-18,6-23,0 г/кг зерна. Более низкое содержание сырой золы (15,4-21,0 г/кг), соответствовавшее нормам для 1-го и 2-го классов, получено только при соотношении компонентов – пшеница, 75% + горох, 25%.

Количество сырого жира в зерне пшеницы в зависимости от состава агроценоза находилось на уровне 11,6-14,0 – 12,8-15,5 г/кг зерна и варьировало не значительно в зависимости от остальных изучаемых факторов. Нормирование по данному показателю, так же как и по БЭВ, ГОСТом не предусмотрено.

Количество БЭВ в зерне пшеницы зависело от состава агроценоза и, в большей степени, от уровня азотного питания. При внесении N_{30} происходило снижение содержания сырых безазотистых экстрактивных веществ (крахмала, сахаров, пектиновых веществ и др.).

Заключение. Использование азотных и фосфорно-калийных удобрений увеличивало продуктивность растений и урожайность зерна. Более чётко данная закономерность прослеживалась при включении в состав агроценозов злакового компонента посевного гороха, в долевом эквиваленте, равном 25 и 50% соответственно.

Применение фосфорно-калийных удобрений ($P_{60}K_{60}$) способствовало увеличению урожайности одновидовых и смешанных посевов. Более высокий уровень отзывчивости на использование фосфорно-калийных удобрений зафиксирован у бобового компонента, что достаточно закономерно, учитывая биологические особенности культуры.

Более высокая отзывчивость на использование азота, в отсутствие фосфорно-калийных удобрений, наблюдалась в варианте с одновидовым посевом гороха (3,4 ц/га). При внесении $P_{60}K_{60}$ более высокая прибавка урожайности (4,2 ц/га) получена в варианте со смешанным посевом – пшеница, 75% + горох, 25%.

Увеличение доли зернобобового компонента в составе смешанных посевов с 25 до 50% и далее до 75%, приводит к снижению их отзывчивости на дозы азота. Более высокая отзывчивость смешанных посевов на дозы азота зафиксирована при внесении фосфорно-калийных удобрений.

За счёт включения в состав агроценозов яровой пшеницы посевного гороха, произошло увеличение общей питательной ценности зернового вороха. По количеству в составе зерна сырых питательных компонентов (сырого протеина, сырой клетчатки) корм соответствует нормативным требованиям – количество обменной энергии составило 12,37-12,62 МДж/кг, кормовых единиц 1,24-1,29.

Литература

1. Тунгусов В.Я. Доклад исполнительного директора союза птицеводов Пермского края о состоянии отрасли. – Пермь: Пермская ГСХА, 2017. – 32 с.
2. Султанов Ф.С., Красношапко В.В., Габдрахимов О.Б., Волкобрун Е.В. Смешанные посевы гороха полевого с зернофуражными культурами в условиях Прибайкалья // Достижения науки и техники АПК. – 2011. – №12. – С. 41-43.
3. Методические указания по оценке качества и питательности кормов / Министерство сельского хозяйства РФ; ЦНИИ агрохимического обслуживания сельского хозяйства (ЦИНАО). – М., 2002.
4. Завалин А.А., Безгодова И.Л. Применение удобрений и биопрепаратов в чистых и смешанных посевах ячменя и гороха // Плодородие. – 2009. – №2. – С. 34-36.
5. Салова Л.А. Продуктивность люпино-ячменных смесей и качество получаемого зернофуража в зависимости от соотношения компонентов и дозы минерального азота // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2013. – № 5. – С. 23-29.
6. Колесникова Л.И., Жирнова И.А. Урожайность и питательность смешанных посевов в зависимости от соотношения компонентов в условиях Северного Казахстана // Аграрное образование и наука. – 2016. – №4. – С. 85-88.
7. Михайлова Л.А., Алёшин М.А., Буянова Г.В., Максименко О.М., Алёшина Д.В. Оценка использования смешанных посевов яровой пшеницы и посевного гороха в качестве предшественника для ярового ячменя // Пермский аграрный вестник. – 2016. – № 3. – С. 48-53.
8. Эседуллаев С.Т., Шмелева Н.В. Особенности аккумуляции азота многолетними бобовыми травами в чистых и смешанных посевах в Верхневолжье // Плодородие. – 2016. – №6. – С. 16-18.

M.A. Alyoshin, L.A. Mikhailova

Perm State Agro-Technological University, Petropavlovskaya ul. 23, 614990 Perm, Russia, e-mail: matvei0704@mail.ru

The paper presents the results of field production experience to determine the effect of doses of nitrogen and phosphorus-potash fertilizers on the productivity of single-species and mixed agroecosystems of spring wheat and seed peas. The research was carried out in the conditions of medium-cultivated sod-podzolic soil. Grain productivity of mixed wheat-pea agroecosystems varied depending on their composition, doses of nitrogen and phosphorus-potash fertilizers. Higher grain yield (2.27 t/ha) was obtained in a mixed agroecosystem (wheat 75% + peas 25%), when applying mineral fertilizers in doses of $N_{60} + P_{60}K_{60}$. There was an increase in the number of grain storage heaps by 0.71 and 0.16 t/ha (relative to a single-species wheat crop) when including in the agroecosystems of seed peas, in the share equivalent of 25% and 50%, respectively. In mixed agroecosystems, the grain of spring wheat corresponded to class 1, according to GOST R 54078-2010, only in terms of the amount of raw protein (more than 140 g/kg).

Key words: mixed crops, yield and biochemical composition of grain, mineral fertilizers, bioenergetic assessment.

УДК 613.8

ВОЗМОЖНОСТИ ДИСТАНЦИОННОЙ ДИАГНОСТИКИ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ РАСТЕНИЙ

В.Г. Сычев, ак. РАН Р.А. Афанасьев, д.с.-х.н. Г.А. Кирсанов, А.А. Коваленко,
ФГБНУ «ВНИИ агрохимии»,
А.В. Труфанов, Ю.И. Тимохина, ООО «АгроДронГрупп»
e-mail: rafail-afanasev@mail.ru

Изложены результаты полевого и научно-производственного опытов по применению минеральных удобрений под озимую пшеницу, возделываемую на дерново-подзолистой почве, в целях разработки дистанционной диагностики азотного питания растений с использованием беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). По их итогам впервые для условий российского земледелия разработан эффективный роботизированный метод диагностики азотного питания растений, взамен наземных трудоемких, не безопасных для здоровья исполнителей, химических методов растительной диагностики, а также малопродуктивных фотометрических методов с применением портативных приборов либо установленных на механизированных носителях. Разработанный метод по показателям точности диагностики азотного питания растений превосходит также дистанционную диагностику с космических аппаратов (спутников).

Ключевые слова: азотные удобрения, почва, минеральное питание растений, озимая пшеница, фотоиндикация, дистанционная диагностика, БПЛА, урожайность.

DOI: 10.25680/S19948603.2020.113.04

Повышение урожайности и качества зерновых культур, включая озимую пшеницу, во многом зависит от уровня применения минеральных удобрений. При этом важное значение отводится методам определения потребности растений в оптимизации их минерального питания. Методы такой диагностики постоянно совершенствуются [1]. В середине прошлого столетия в России и ряде других стран основным методом диагностики потребности растений в азотных удобрениях служил полуквантитативный метод при помощи определения в соке стеблей, главным образом озимых зерновых культур, содержания нитратов при воздействии на отрезки стеблей раствором дифениламина в крепкой серной кислоте [2] (рис. 1, 2).



Рис. 1. Стеблевая диагностика: подготовка растительной пробы к анализу

По интенсивности окраски выжатого сока дифениламином определяют уровень обеспеченности растений азотным питанием: чем интенсивнее окраска, тем

больше в растениях нитратного азота и тем лучше обеспеченность их азотным питанием. При недостатке нитратного азота в растениях вносят соответствующие дозы азотных удобрений в виде корневой подкормки.

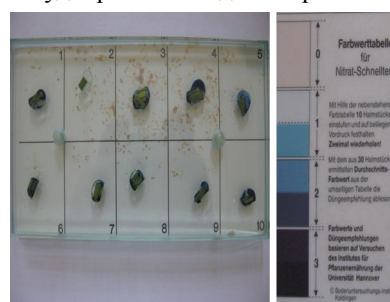


Рис. 2. Определение нитратного индекса по интенсивности окраски выжатого из стебля сока озимой пшеницы

В последние десятилетия обращают особенное внимание на разработку фотометрических [3-5], в том числе дистанционных, методов диагностики, главным образом для уточнения доз, сроков и способов применения азотных удобрений под зерновые культуры, прежде всего под озимую пшеницу, от производства которой зависят как уровень обеспечения внутреннего потребления, так и экспортные возможности государства. Применение дистанционной диагностики способно бо-