

ВЛИЯНИЕ СРЕДСТВ ХИМИЗАЦИИ НА ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АГРОЦЕНОЗА ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ С ПОДСЕВОМ МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ**М.А. Фесенко, А.М. Шпанев**

Реферат. Исследования проводили с целью изучения влияния минеральных удобрений и системы защиты растений на вегетационный индекс NDVI и его сезонную динамику в агроценозах ярового ячменя с подсевом многолетних трав в условиях Северо-Запада России. На фоне дефицита основных элементов минерального питания во второй половине вегетации ярового ячменя в посеве формируется значительная фитомасса многолетних трав, на долю которых приходится 36,7 %. Это приводит к меньшему снижению индекса NDVI (на 0,06), величина которого отражает не только состояние культурных растений и засоренность посева, но и уровень развития подпокровной культуры, чем в удобренных вариантах (0,20). Влияние условий минерального питания четко проявлялось в период максимальных величин индекса, регистрируемых на 6...8 неделю после посева и 26...30 неделю с начала года. Средние дозы удобрений повышали индекс NDVI на 0,09...0,20 (в среднем на 0,13), высокие – на 0,13...0,26 (в среднем на 0,18). Влияние системы защиты выразилось в снижении фитомассы сорных растений (на 49,4...68,9 %), при этом масса ярового ячменя возрастала на 1,7...18,5 %, многолетних трав – на 11,7...43,5 %. Реализация всего комплекса защитных мероприятий приводило к уменьшению индекса NDVI в зависимости от складывающейся в агроценозе фитосанитарной обстановки на 0,01...0,06. Наиболее точный прогноз урожайности ярового ячменя осуществим в период с 5 по 7 неделю после появления всходов, особенно на фоне применения средств защиты растений, которые элиминируют влияние вредных организмов на формирование урожая и оптические свойства посевов.

Ключевые слова: яровой ячмень (*Hordeum vulgare* L.), многолетние травы, сорные растения, вегетационный индекс NDVI, применение минеральных удобрений, система защиты расте-

Введение. Яровой ячмень – основная зернофуражная культура, возделываемая на Северо-Западе РФ. Вклад отдельных областей региона на производство зерна, в первую очередь фуражного, в России в последние годы существенно возрос, как вследствие увеличения посевных площадей, так и благодаря повышению урожайности. Например, площади посевов ярового ячменя в Ленинградской области выросли, в сравнении с 2000 г., в 3 раза, а урожайность культуры превысила среднероссийскую на 0,8...1,2 т/га [1].

Многолетние травы служат основным источником сочных и грубых кормов для одной из ведущих и успешно развивающихся отраслей сельского хозяйства Северо-Западного региона – молочного животноводства. Звено севооборота ячмень – многолетние травы, с посевом последних под покров зерновой культуры, экономически обосновано и широко используется в регионе. При этом подсев многолетних трав модифицирует и усложняет взаимоотношения ячменя и сорных растений, накладывает значительные ограничения на использование гербицидов [2].

Из литературы известно, что максимальную реализацию потенциала продуктивности возделываемых культур и сортов обеспечивает только совместное применение минеральных удобрений и средств защиты растений [3, 4, 5]. Однако данные о воздействии средств химизации на развитие ярового ячменя в качестве покровной культуры для смеси многолетних трав из клевера красного (*Trifolium pratense* L.) и тимофеевки луговой (*Phleum pratense* L.) практически отсутствуют.

Вегетационный индекс NDVI принято считать одним из количественных характеристик активной биомассы растительного покрова. Как в нашей стране, так и за рубежом его широко используют при определении оптических

свойств посевов и в качестве основного предиктора урожайности сельскохозяйственных культур [6, 7, 8]. Возрастающая доступность аэрокосмических данных и обширность территории нашей страны не оставляют другой альтернативы для мониторинга состояния и прогноза продуктивности посевов. Однако в условиях Северо-Западного региона России спутниковые снимки зачастую неинформативны из-за помех от облачности, что переводит их в разряд нерегулярных, неудовлетворяющих по критериям оперативности съёмок. Как следствие, большинство современных исследований с использованием спутникового мониторинга сельскохозяйственных угодий регион не затрагивает. В этом случае их могут заменить съёмки с БПЛА и наземные бесконтактные измерения спектральных характеристик посевов.

Полевые оптические датчики имеют собственный активный источник излучения и позволяют проводить оценку независимо от условий освещенности и атмосферных помех. Неоспоримым преимуществом таких датчиков в научных исследованиях выступает возможность работы на небольших площадях с учетом пространственно-временной изменчивости тех или иных факторов продуктивности.

Цель исследования – изучение влияния минеральных удобрений и системы защиты растений на вегетационный индекс NDVI и его сезонную динамику в агроценозах ярового ячменя с подсевом многолетних трав в условиях Северо-Запада России.

Условия, материалы и методы. Исследования проводили в 2015–2017 гг. в агроэкологическом стационаре Меньковского филиала Агрофизического НИИ (Ленинградская область, Гатчинский район) на легкосуглинистой дерново-слабоподзолистой почве, развитой на легком моренном суглинке. Мощность пахотного слоя

23 см, pH_{KCl} – 4,6 ед., содержание гумуса (по Тюрину) – 1,9 %, подвижных соединений фосфора и калия (по Кирсанову) – 257 и 92 мг/кг соответственно.

Опыт проводили по двухфакторной схеме, которая включала варианты с разным уровнем минерального питания (УМП) и применением системы защиты растений (СЗР). Уровни минерального питания поддерживали длительным ежегодным предпосевным внесением азотоселитры и аммиачной селитры из расчета на планируемую урожайность возделываемых культур: низкий – без удобрений, средний – $N_{65}P_{50}K_{50}$, высокий – $N_{100}P_{75}K_{75}$. В варианте с системой защиты растений меры против вредных организмов принимали при условии превышения экономического порога вредоносности.

В опыте высевали сорт ярового ячменя Ленинградский, клевер луговой Орфей и тимopheвку луговую Ленинградская 204 в соотношении по массе (ячмень : многолетние травы) 1:1.

Для Северо-Западного региона характерно непостоянство метеоусловий, как по годам, так и в течение вегетационного периода. Это оказывает значительное влияние на продуктивность культур севооборота и развитие вредных организмов. Погодные условия в период вегетации были близки к среднепогодной норме по среднесуточным температурам (14,8 °C), но различались по количеству осадков (238,8 мм). Меньше нормы осадков выпало в 2015 г. (74 %) и 2017 г. (77 %), близкое к среднепогодному уровню – в 2016 г. (108 %). В критический для роста и развития ярового ячменя период, приходящийся на фазы появления всходов–кущение, сумма осадков в 2015, 2016 и 2017 гг. составляла соответственно 28, 16 и 26,8 мм, среднесуточная температура воздуха – 10,9, 13,4 и 10,6 °C при среднепогодных показателях равных 35,9 мм и 11,1 °C.

С учетом особенностей фитосанитарного состояния агроценоза ярового ячменя с подсевом многолетних трав система защиты этой культуры включала предпосевное протравливание семян (Ламадор, КС; Систива, КС), обработку посевов гербицидами (Агритокс, ВК; Базагран, ВР) и фунгицидами (Прозаро, КЭ; Солигор, КЭ), в 2016 г. – баковой смесью из гербицида и инсектицида (Базагран, ВР + Каратэ Зеон, МКС).

Визуальные учеты численности и проектив-

ного покрытия сорных растений, а также состояния культурных растений проводили на постоянных учетных площадках размером 0,1 м² в течение всего периода вегетации ярового ячменя. На этих же площадках портативным прибором GreenSeeker проводили еженедельные измерения вегетационного индекса NDVI [9] с фазы кушения до молочной спелости ярового ячменя. Урожайность и надземную сырую фитомассу ярового ячменя, сорных растений и многолетних трав определяли на 72 постоянных площадках в отдельности на протяжении всех лет изучения.

Результаты и обсуждение. Основной вклад в фитомассу изучаемого агрофитоценоза вносят растения ярового ячменя (52,2...84,9 %), а долевое участие многолетних трав (8,5...45,2 %) выше, чем сорных растений (2,6...8,2 %).

Под действием минеральных удобрений фитомасса ярового ячменя возрастала в 1,8...2,3 раза, сорных растений – в 1,1...1,3 раза, а надземная масса многолетних трав снижалась в 1,9...2,9 раза. Доля покровной культуры в общей массе агрофитоценоза увеличивалась с 54,3 до 76,7...83,3 %, а сорных растений и многолетних трав уменьшалась с 9,0 до 8,1...8,2 % и с 36,7 до 15,2...8,5 % соответственно. Под влиянием системы защиты вегетативная масса растений ячменя повышалась, по отношению к варианту, где она отсутствовала, на 1,7...18,5 %. При этом наибольший в опыте эффект от проведенных защитных мероприятий, равный 18,5 %, отмечали при внесении средней дозы удобрений, тогда как в варианте с высокой дозой он составил 3,5 %. Действие гербицидов выражалось в снижении фитомассы сорных растений на 49,4...68,9 %, одновременно масса многолетних трав возрастала на 11,7...43,5 % (табл. 1).

Влияние фитомассы растительности в агроценозе ярового ячменя с подсевом многолетних трав на отражательные свойства посевов, измеряемые вегетационным индексом NDVI, характеризуется высокими коэффициентами корреляции (0,79...0,88, $p \leq 0,05$). Наиболее тесная и устойчивая связь просматривается между максимальной в опыте величиной этого индекса и надземной массой культуры (0,76...0,88, $p \leq 0,05$). Слабее выражена линейная связь индекса с фитомассой сорных растений (0,36...0,39, $p \leq 0,05$), а с массой многолетних трав она

Таблица 1 – Влияние минеральных удобрений и системы защиты растений на формирование надземной массы компонентов агроценоза ярового ячменя с подсевом многолетних трав (2015–2017 гг.)

Вариант опыта		Фитомасса, г/м ²			
СЗР	УМП	яровой ячмень	сорные растения	многолетние травы	общая
Без СЗР	$N_0P_0K_0$	748,9±274,0	123,7±127,6	506,1±511,0	1378,7±399,7
	$N_{65}P_{50}K_{50}$	1336,0±350,2	140,7±88,3	264,9±180,5	1741,0±331,0
	$N_{100}P_{75}K_{75}$	1690,0±407,3	166,6±97,4	172,7±113,4	2029,5±414,6
СЗР	$N_0P_0K_0$	761,8±268,4	38,5±35,5	658,8±701,7	1459,0±509,1
	$N_{65}P_{50}K_{50}$	1583,0±457,3	71,2±62,9	295,8±224,2	1950,0±361,9
	$N_{100}P_{75}K_{75}$	1749,4±398,9	62,4±57,8	247,9±137,9	2060,0±404,1
НСР ₀₅ (СЗР)		67,9	20,9	57,4	81,5
НСР ₀₅ (УМП)		96,7	26,0	109,7	144,5
НСР ₀₅ (СЗР УМП)		129,2	37,8	149,2	193,4

имеет прямую направленность на низком фоне минерального питания (0,16...0,30) и обратную – на высоком фоне (-0,19...-0,39).

По результатам стартовых замеров вегетационного индекса NDVI, которые проводили в фазе кущения ярового ячменя, достоверные различия между неудобренным и удобренными вариантами отмечены только в 2017 г. В этот период действие удобрений только начинает сказываться на развитии культурных и сорных растений, что не всегда находит отражение в изменении спектральных свойств посевов. В то же время различия четко проявлялись в период максимальных в опыте значений индекса, регистрируемых на 6...8 неделю после посева и 26...30 неделю с начала года (табл. 2). Максимальные величины NDVI сильно варьировали по годам, зависели от уровня минерального питания и степени засоренности посевов, и не зависели от сроков посева и появления всходов, определявшихся метеорологическими условиями. Под влиянием средних доз удобрений происходило увеличение индекса NDVI на 0,09...0,20 (в среднем 0,13), высоких доз – на 0,13...0,26 (в среднем 0,18). Проведение комплекса защитных мероприятий приводило к снижению индекса в зависимости от складывающейся в агроценозе фитосанитарной обстановки на 0,01...0,06. Наименьшее в опыте его изменение отмечали в 2017 г. в условиях слабой засоренности

агроценоза, когда численность сорняков составляла 255 экз./м², а их проективное покрытие – 7,3 %. Более заметные изменения индекса под действием СЗР отмечали в неудобренном варианте.

По результатам последних замеров индекса, проводившихся в фазе молочной спелости ярового ячменя, различия в оптических свойствах посева между неудобренным и удобренными вариантами сохранялись на фоне применения средств защиты растений. В 2015 г. различия NDVI между крайними по удобренности вариантами составляли 0,14, в 2016 г. – 0,12, в 2017 г. – 0,15.

Определяющее влияние минерального питания на индекс NDVI и его динамику нашло подтверждение при статистической обработке данных. По результатам дисперсионного анализа на долю этого фактора в разные даты замеров в 2015 г. приходилось 39,7...70,6 %, в 2016 г. – 37,0...91,3 %, в 2017 г. – 64,5...94,1 %. Самое сильное в опыте влияние минерального питания отмечали в период с 5 по 7 неделю после появления всходов ячменя. Доля влияния системы защиты растений на величину индекса NDVI варьировала от 3,1 до 11,5 % в 2015 г., от 0,01 до 12,6 % – в 2016 г., от 0,01 до 2,4 % – в 2017 г.

Сезонная динамика индекса NDVI в неудобренном и высокоудобренном вариантах опыта

Таблица 2 – Влияние минеральных удобрений и системы защиты растений на значения индекса NDVI в агроценозах ярового ячменя с подсевом многолетних трав

Год	Вариант опыта		NDVI			Период всходы – NDVI макс, недель	Неделя с начала года до NDVI макс
	СЗР	УМП	кущение	максимум	молочная спелость		
2015	Без СЗР	N ₀ P ₀ K ₀	0,20±0,02	0,62±0,08	0,55±0,06	7	27
		N ₆₅ P ₅₀ K ₅₀	0,21±0,02	0,72±0,04	0,61±0,04	6	26
		N ₁₀₀ P ₇₅ K ₇₅	0,23±0,03	0,77±0,02	0,65±0,02	6	26
	СЗР	N ₀ P ₀ K ₀	0,19±0,02	0,54±0,04	0,47±0,04	8	28
		N ₆₅ P ₅₀ K ₅₀	0,21±0,02	0,69±0,05	0,60±0,04	6	26
		N ₁₀₀ P ₇₅ K ₇₅	0,20±0,02	0,71±0,04	0,61±0,03	6	26
	HCP ₀₅ (СЗР)		0,012	0,025	0,020		
HCP ₀₅ (УМП)		0,013	0,030	0,025			
HCP ₀₅ (СЗР УМП)		0,018	0,040	0,031			
2016	Без СЗР	N ₀ P ₀ K ₀	0,13±0,01	0,67±0,03	0,66±0,03	8	28
		N ₆₅ P ₅₀ K ₅₀	0,15±0,01	0,76±0,02	0,66±0,03	6	26
		N ₁₀₀ P ₇₅ K ₇₅	0,14±0,01	0,80±0,03	0,71±0,02	6	26
	СЗР	N ₀ P ₀ K ₀	0,13±0,01	0,60±0,05	0,59±0,05	8	28
		N ₆₅ P ₅₀ K ₅₀	0,15±0,01	0,73±0,04	0,67±0,03	6	26
		N ₁₀₀ P ₇₅ K ₇₅	0,16±0,01	0,77±0,03	0,68±0,02	6	26
	HCP ₀₅ (СЗР)		0,005	0,013	0,017		
HCP ₀₅ (УМП)		0,006	0,021	0,020			
HCP ₀₅ (СЗР УМП)		0,007	0,028	0,025			
2017	Без СЗР	N ₀ P ₀ K ₀	0,20±0,01	0,53±0,03	0,53±0,03	8	30
		N ₆₅ P ₅₀ K ₅₀	0,22±0,01	0,73±0,05	0,66±0,05	6	28
		N ₁₀₀ P ₇₅ K ₇₅	0,26±0,02	0,79±0,01	0,72±0,04	6	28
	СЗР	N ₀ P ₀ K ₀	0,19±0,01	0,52±0,04	0,52±0,04	8	30
		N ₆₅ P ₅₀ K ₅₀	0,22±0,03	0,75±0,03	0,73±0,03	7	29
		N ₁₀₀ P ₇₅ K ₇₅	0,25±0,02	0,79±0,01	0,75±0,02	6	28
	HCP ₀₅ (СЗР)		0,007	0,012	0,017		
HCP ₀₅ (УМП)		0,008	0,019	0,023			
HCP ₀₅ (СЗР УМП)		0,012	0,025	0,028			

различалась (см. рисунок). Для варианта со средней дозой удобрений ($N_{65}P_{50}K_{50}$) она была аналогичной и частично накладывалась на линии варианта с высокой дозой, поэтому на графиках не представлена. Без удобрений сезонный ход NDVI имел две вершины разной степени выраженности. Наибольшие в опыте величины вегетационного индекса приходились на вторую вершину и смещались к концу вегетации. Пик максимума NDVI в этом варианте наступал на две недели позже как календарно,

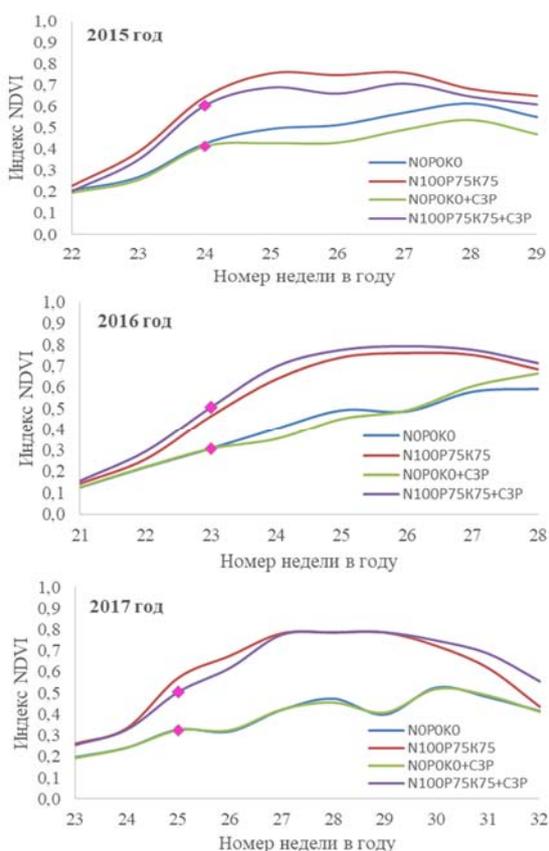


Рисунок – Сезонная динамика индекса NDVI в агроценозах ярового ячменя с подсевом многолетних трав.

так и относительно сроков появления всходов. Это обусловлено тем, что в неудобренном варианте значительный вклад в общую фитомассу агрофитоценоза, а значит, в величину индекса, вносят многолетние травы, особенно клевер красный, основной рост и развитие которых приходится на вторую половину вегетации ярового ячменя. При внесении удобрений сезонный ход кривых NDVI имеет более сглаженную форму с плато в районе максимальных значений. Здесь динамику индекса определяет накопление фитомассы растениями ярового ячменя, которые в условиях густого стеблестоя подавляют рост и развитие многолетних трав и сорняков. На это указывают слабые отрицательные коэффициенты корреляции между величинами

показателей вегетативной массы ярового ячменя и многолетних трав ($r = -0,14 \dots -0,30$), культурных и сорных растений ($r = -0,01 \dots -0,09$).

Гербицидная обработка в варианте с системной защитой растений приводила к расхождению кривых индекса независимо от фона минерального питания. Особенно заметным оно было в 2015 г. при более высокой начальной засоренности посева. Такое расхождение могло сохраняться на протяжении всего дальнейшего периода вегетации компонентов агроценоза, как в 2015 и 2016 гг., или нивелироваться через две недели, как в 2017 г.

Корреляционный анализ показал наличие тесных и статистически значимых прямых зависимостей урожайности зерна с величиной индекса NDVI в период замеров, проведенных с 5 по 7 неделю считая от появления всходов ярового ячменя. Согласно установленным в годы исследований коэффициентам корреляции (0,86, 0,86 и 0,93, при $p \leq 0,95$) достоверный прогноз урожайности возможен в фазы колошение и цветение ярового ячменя, особенно на фоне применения системы защиты растений. В этом варианте на протяжении всех лет исследований фиксировали более высокие коэффициенты корреляции индекса NDVI с урожайностью ярового ячменя. Наибольшие в опыте различия отмечены в условиях 2015 г. ($r = 0,75$ и $0,63$) с неблагоприятной фитосанитарной обстановкой, наименьшие в 2017 г. ($r = 0,87$ и $0,83$) при относительно благополучном фитосанитарном состоянии посевов.

Выводы. Величины индекса NDVI, полученные с использованием наземных бесконтактных измерений во вторую половину вегетации ярового ячменя с подсевом многолетних трав могут отражать не только состояние культурных растений, засоренность посева, но и уровень развития подпокровной культуры. В первую очередь это касается экстенсивных (без применения удобрений и средств защиты растений) способов ведения земледелия, при которых воздействие на величину вегетационного индекса подпокровной культуры становится более значимым, чем влияние сорных растений. Это следует учитывать при использовании в качестве основного метода определения засоренности полей в послеуборочный период спутникового мониторинга.

Влияние минерального питания на индекс NDVI и его динамику оказалось значительно сильнее, чем системы защиты растений. Наибольшее в опыте влияние минеральных удобрений отмечали с 5 по 7 неделю с начала появления всходов ячменя. В этот же период осуществим самый достоверный прогноз урожайности ярового ячменя, особенно на фоне применения средств защиты растений, которые элиминируют влияние вредных организмов на формирование урожая и оптические свойства посевов.

Литература

1. Динамика посевных площадей и урожайности ярового ячменя в РФ / Г. А. Филенко, Т. И. Фирсова, Ю. Г. Скворцова и др. // *Зерновое хозяйство России*. 2017. № 5 (53). С. 20–25.
2. Фесенко М. А., Шпанев А. М. О факторах управления состоянием сеяного травостоя и качеством объемистых кормов в системе полевого севооборота // *Адаптивное кормопроизводство*. 2018. № 3. С. 26–33.

3. Малявко Г. П. Влияние систем удобрений и средств защиты растений на засоренность посевов и урожайность озимой ржи // *Агро 21*. 2009. № 7–9. С. 32–34.
4. Личко А. К., Ваулина Г. И., Личко Н. М. Фитосанитарное состояние посевов и урожайность зерна озимой пшеницы при комплексном применении удобрений и химических средств защиты растений в условиях центрального района Нечерноземной зоны // *Известия ТСХА*. 2011. Вып. 3. С. 66–77.
5. Конова А. М., Самойлов Л. Н., Державин Л. М. Эффективность комплексного применения удобрений и пестицидов на озимой ржи в полевом севообороте // *Агробиология*. 2012. № 3. С. 13–24.
6. Сторчак И. Г., Шестакова Е. О., Ерошенко Ф. В. Связь урожайности посевов озимой пшеницы с NDVI отдельных полей // *Аграрный вестник Урала*. 2018. № 6. С. 64–68.
7. Терехин Э. А. Сезонная динамика проективного покрытия растительности агроэкосистем на основе спектральной спутниковой информации // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. 2019. Т. 16. № 4. С. 111–123.
8. Reflectance indices as a diagnostic tool for weed control performed by multipurpose equipment in precision agriculture / JR. A. Merotto, C. Bredemeier, R. A. Vidal, et al. // *Planta daninha*. 2012. Vol. 30, № 2. P. 437–447. doi: 10.1590/S0100-83582012000200024
9. Методика фитосанитарного мониторинга агроландшафтов с использованием физико-технической базы точного земледелия / А. М. Шпанев, П. В. Лекомцев, А. Ф. Петрушин и др. СПб.: АФИ, 2017. 32 с.

Сведения об авторах:

Фесенко Мария Александровна – кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории опытного дела
Агрофизический научно-исследовательский институт, Санкт-Петербург, Россия
Шпанев Александр Михайлович – доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории интегрированной защиты растений, e-mail: ashpanev@mail.ru
Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, Санкт-Петербург, Россия

INFLUENCE OF CHEMICALS ON THE OPTICAL PROPERTIES OF AGROCENOSIS OF SPRING BARLEY WITH PERENNIAL GRASSES
M.A. Fesenko, A.M. Shpanev

Abstract. The purpose of the research was to study the effect of mineral fertilizers and plant protection system on the vegetation index NDVI and its seasonal dynamics in agrocenoses of spring barley with overseeding of perennial grasses in the North-West of Russia. The data obtained indicate that against the background of the deficiency of the main elements of mineral nutrition in the second half of the growing season of spring barley, a significant phytomass of perennial grasses is formed in the crop, which account for 36.7%. This leads to a smaller decrease in the NDVI index (by 0.06) than in the fertilized variants (0.20). The value of NDVI index reflects not only the state of cultivated plants and weed infestation of crops, but also the level of development of crops, growing under vegetation. The influence of mineral nutrition developed during the period of maximum values of the index, which were recorded 6-8 weeks from the sowing date and 26-30 weeks from the beginning of the year. Under the influence of average doses of fertilizers, the NDVI index increased by 0.09...0.2 (on average 0.13), under the influence of high doses – by 0.13...0.26 (on average 0.18). The influence of plant protection system was expressed by a decrease in the phytomass of weeds (by 49.4...68.9%), at the same time the mass of spring barley and perennial grasses increased (by 1.7...18.5% and by 11.7...43.5% respectively). Carrying out the whole complex of protective measures led to a decrease in the NDVI index values by 0.01...0.06, depending on the phytosanitary situation in the agrocenosis. The most reliable forecast of the yield of spring barley can be implemented in the period from 5 to 7 weeks from the beginning of the emergence of barley shoots, especially against the background of the use of plant protection products that eliminate the influence of harmful organisms on the formation of the crop and the optical properties of crops.

Key words: spring barley (*Hordeum vulgare* L.), perennial grasses, weeds, vegetation index NDVI, application of mineral fertilizers, plant protection system

References

1. Filenko GA, Firsova TI, Skvortsova YuG. [Dynamics of sown areas and spring barley productivity in the Russian Federation]. *Zernovoe khozyaistvo Rossii*. 2017; 5 (53): 20-25 p.
2. Fesenko MA, Shpanev AM. [About the management factors of the sown grass status and the quality of voluminous forages in the system of field crop rotation]. *Adaptivnoe kormoproizvodstvo*. 2018; 3: 26-33 p.
3. Malyavko GP. [Influence of fertilizer systems and plant protection products on weediness of crops and yield of winter rye]. *Агро 21*. 2009; 7-9: 32-34 p.
4. Lichko AK, Vaulina GI, Lichko NM. [Phytosanitary state of crops and grain yield of winter wheat with the combined use of fertilizers and chemical plant protection products in the central region of the Non-Black Earth Zone]. *Izvestiya TSKhA*. 2011; 3: 66-77 p.
5. Konova AM, Samoilov LN, Derzhavin LM. [Effectiveness of complex application of fertilizers and pesticides on winter rye in field crop rotation]. *Агробиология*. 2012; 3: 13-24 p.
6. Storchak IG, Shestakova EO, Eroshenko FV. [Relationship between the yield of winter wheat crops and NDVI for individual fields]. *Аграрный вестник Урала*. 2018; (6): 64-68 p.
7. Terekhin EA. [Seasonal dynamics of the projective cover of vegetation of agroecosystems based on spectral satellite information]. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*. 2019; Vol. 16; (4): 111-123 p.
8. Merotto JrA, Bredemeier C, Vidal RA, Goulart ICGR, Bortoli ED, Anderson NL. [Reflectance indices as a diagnostic tool for weed control performed by multipurpose equipment in precision agriculture]. *Planta daninha*. 2012; Vol. 30; (2): 437-447 p. DOI: 10.1590/S0100-83582012000200024
9. Shpanev AM, Lekomitsev PV, Petrushin AF. *Metodika fitosanitarnogo monitoringa agrolandshaftov s ispol'zovaniem fiziko-tekhnicheskoj bazy tochnogo zemledeliya*. [Methodology of phytosanitary monitoring of agricultural landscapes using the physical and technical base of precision farming]. SPb.: AFI. 2017; 32 p.

Authors:

Fesenko Mariya Aleksandrovna – Ph.D. of Agricultural sciences, leading researcher of Experimental business laboratory, e-mail: ramylek@yandex.ru
Agrophysical Research Institute. St.Petersburg, Russia
Shpanev Alexander Mikhailovich – Doctor of Biological sciences, leading researcher of Integrated plant protection Laboratory, e-mail: ashpanev@mail.ru
Federal State Budget Scientific Institution “All-Russian Institute of Plant Protection”, Pushkin, St.Petersburg, Russia