

DOI

УДК 632.51:631.582(470.2)

**ПРОСТРАНСТВЕННАЯ СТРУКТУРА ЗАСОРЕННОСТИ
ЗЕРНОТРАВЯНО-ПРОПАШНОГО СЕВОБОРОТА
НА СЕВЕРО-ЗАПАДЕ РОССИИ****А. М. Шпанев, В. В. Смук**

Реферат. Исследование проводили с целью анализа пространственного размещения сорной растительности в зерноотравадно-пропашном севообороте в Северо-Западном регионе РФ. На основе расчетов индекса попарного видового сходства и коэффициента общности удельного обилия выявлено, с одной стороны, высокое сходство видового состава сорных растений в пределах изучаемого севооборота (0,81...0,94), с другой – достоверные различия в структуре засоренности полей (30,4...70,6). Статистически значимыми оказались различия в засоренности между некоторыми полями как по численности, так и по надземной массе сорных растений. Видовое обилие изменялось в пределах 6...10 шт./м², численный состав – 150...312 экз./м², фитомасса – 51,2...272,5 г/м² при средней величине этого показателя по полям севооборота 8 видов/м², 251 экз./м² и 161,7 г/м² соответственно. Неравномерное или агрегированное размещение на территории севооборота, подтверждаемое высокими величинами коэффициентов вариации (151...567) и агрегации (2,1...16,2), оказалось характерно для всех широко распространенных видов сорных растений. Геоэкологические особенности распространения их массовых видов на площади зерноотравадно-пропашного севооборота достаточно хорошо просматривались на цифровых картах, составленных с использованием специальных программ. Достоверные различия в структуре засоренности полей севооборота и размещении отдельных видов сорных растений были следствием различий в агрохимических характеристиках почвы, в первую очередь кислотности, суммы обменных оснований и содержания органического вещества. При применении гербицидов в севообороте необходимо учитывать индивидуальные особенности засоренности каждого поля и пространственное размещение массовых видов сорных растений, сложившиеся под влиянием длительного сельскохозяйственного использования.

Ключевые слова: севооборот, сорные растения, видовой состав, структура засоренности, коэффициент вариации, коэффициент агрегации.

Введение. Интересы отечественных и зарубежных исследователей в отношении засоренности севооборотов в большинстве случаев ограничивались изучением видового состава [1, 2, 3] и динамики численности [4, 5] сорных растений необходимых для прогнозирования распространения наиболее вредоносных видов и планирования соответствующих защитных мероприятий применительно к отдельным культурам. Значительно меньше внимания уделяли анализу пространственной неравномерности засоренности севооборотной площади, которая обусловлена влиянием множества факторов на протяжении многих лет [6, 7]. К числу наиболее значимых из них относят почвенный фактор, поскольку на каждом участке поля сосредоточен определенный запас семян и зачатков вегетативного размножения сорных растений, погодные условия, биологические особенности культур и технологии их возделывания. Так, было показано, что различные виды сорных растений по-разному реагируют на обеспеченность теплом, влагой и питательными веществами [8, 9, 10]. По нашим данным, неравномерное размещение сорных растений в посевах ярового ячменя и посадках картофеля стало следствием разного содержания элементов питания и кислотности пахотного горизонта, обусловленного длительным применением минеральных удобрений в севообороте [11, 12]. По сведениям других исследователей, распределение сорных растений на севооборотной площади было

устойчиво связано с интенсивностью обработки почвы. Основную часть многолетних сорных растений, а также мятлика однолетнего отмечали в варианте с минимальной обработкой почвы [13].

Для Северо-Западного региона несомненный интерес представляют данные о пространственной структуре засоренности зерноотравадно-пропашного севооборота, который широко распространен и имеет большое значение для обеспечения кормами молочного животноводства [14]. В условиях дефицита минерального питания, характерного для дерново-подзолистых почв этого региона, с точки зрения поддержания и воспроизводства почвенного плодородия важно наличие в севообороте двух полей многолетних трав и люпина узколистного в качестве сидеральной парозанимающей культуры.

Цель исследований – анализ пространственного размещения сорной растительности на площади зерноотравадно-пропашного севооборота в Северо-Западном регионе Российской Федерации для решения задач дифференцированного применения гербицидов в системе точного земледелия.

Условия, материалы и методы. Анализ пространственной структуры засоренности проводили с использованием данных, полученных по итогам очередной ротации за период 2012–2018 годы. Севооборот расположен на землях Меньковского филиала Агрофизического НИИ в Гатчинском районе Ленинградской области. Почва опытных полей –

дерново-слабоподзолистая супесчаная, мощность пахотного слоя – 23 см. Агрохимическое обследование, проведенное в 2011 году, выявило значительные различия полей

севооборота по некоторым показателям, что может иметь определенное значение при пространственном распределении сорных растений (табл. 1).

Таблица 1 – Агрохимическая характеристика полей изучаемого зернотравяно-пропашного севооборота (2011 г.)

№ поля	pH _{KCl}	Нг., мМоль/ 100 г	Собм., мМоль/ 100 г	Органическое вещество, %	N легкогидролизующий, мг/кг	P ₂ O ₅ , мг/кг	K ₂ O, мг/кг
1	4,4	4,46	1,9	3,31	104	237	85
2	4,7	4,09	2,9	3,29	98	279	86
3	4,5	4,59	1,8	3,27	96	308	91
4	4,6	4,19	2,1	3,06	92	262	89
5	4,5	4,55	1,7	3,25	108	225	93
6	4,7	4,36	3,4	3,76	98	243	100
7	4,8	4,15	4,1	3,91	126	246	101

Состав и чередование культур были традиционными для зернотравяно-пропашных севооборотов Северо-Западного региона: сидеральный пар (люпин узколистный), озимая рожь, яровой ячмень с подсевом многолетних трав (клевер красный и тимофеевка луговая), многолетние травы 1 и 2 годов пользования, картофель, яровой рапс. Общая площадь севооборота 4,2 га, одного поля – 0,6 га. Ежегодно использовали посевной и посадочный материал высоких репродукций районированных сортов.

Для изучения пространственного размещения сорных растений в севообороте на площади каждого поля виртуально выделяли 36 элементарных участка размером 10 м × 15 м. Внутри каждого из них, в зависимости от возделываемой культуры, размещали по 1...2 постоянные площадки, на которых проводили учет численности и фитомассы сорных растений по видам. Площадь постоянных площадок на культурах сплошного сева составляла 0,1 м², на пропашных (картофель) – 1,4 м². Их количество определяли из расчета полноценной характеристики засоренности каждого поля, в посевах озимой ржи, яровых ячменя и рапса оно было равно 72, на полях, занятых многолетними травами, люпином узколистным и картофелем, – 36. Таким образом, за период исследований при анализе пространственного размещения сорных растений использовали данные по засоренности полей севооборота с 2424 постоянных учетных площадок.

Количество видов сорных растений и засоренность полей севооборота определяли путем их подсчета на постоянных площадках в критические фазы развития культурных растений: яровой ячмень – кущение, озимая рожь – начало выхода в трубку, яровой рапс – 2 настоящих листа, люпин узколистный – 2 тройчатых листа, многолетние травы – весеннее отрастание, картофель – через 10 дней после посадки. Сырую фитомассу сорняков измеряли при уборке.

Для сравнения полей по наличию общих видов сорных растений и их относительному обилию по засоренности рассчитывали индекс

попарного видового сходства Сьёренсена и коэффициент общности удельного обилия Шорыгина, для анализа пространственного размещения сорных растений – коэффициенты вариации агрегации.

Цифровые карты пространственного размещения сорных растений на севооборотной площади составляли с использованием программы ГИС АФИ, разработанной в лаборатории информационного обеспечения точного земледелия Агрофизического НИИ, и Surfer 11.

Статистическая обработка данных состояла из дисперсионного и корреляционного анализов, которые проводили в программе «Statistica 6».

Результаты и обсуждение. По результатам исследований на площади изучаемого зернотравяно-пропашного севооборота было выявлено произрастание 55 сорных видов, из которых 34 относились к малолетним и 21 – к многолетним. Кроме того, на полях регулярно встречалась падалица рапса ярового, а также растения тимофеевки луговой и клевера красного, не уничтоженные механической обработкой почвы.

Наиболее разнообразный состав сорной растительности отмечен на поле №7, наименьшее количество видов сорняков как в целом, так и на единице площади, – на поле №5. На других полях было выявлено приблизительно равное количество произрастающих сорных видов (табл. 2).

Видовое обилие изменялось от 6 до 10 видов/м², численный состав – от 150 до 312 экз./м², при средних величинах этого показателя по полям севооборота 8 видов/м² и 251 экз./м² соответственно. Наименее засоренным было поле № 5, на котором начальная густота сорных растений составляла 150 экз./м², фитомасса в период уборки урожая – 51,2 г/м². Максимальную засоренность наблюдали на полях № 4 и № 7 – 312 экз./м² и 272,5 г/м² соответственно.

Тем самым, различия в засоренности некоторых из полей были существенны как по численности, так и по надземной массе сорных растений.

Таблица 2 – Засоренность полей зерноотравно-пропашного севооборота (среднее за 2012–2018 годы)

Показатель	№ поля							НСР ₀₅
	1	2	3	4	5	6	7	
Видовой состав, шт.	44	48	46	48	40	46	53	7
Видовое обилие, видов/м ²	8	8	7	10	6	10	9	1
Густота, экз./м ²	295	212	205	312	150	299	287	28
Фитомасса, г/м ²	203,0	107,9	88,4	235,4	51,2	173,5	272,5	64,4

Выявлено высокое сходство видового состава сорных растений, что свидетельствует о формировании на севооборотной площади единого комплекса сорной растительности. Индекс попарного видового сходства варьировал по полям в пределах 0,81...0,94 при средней величине по севообороту – 0,87, то есть 87% видов сорняков были общими для всех полей. В то же время по результатам расчетов

коэффициента общности удельного обилия отмечены различия в структуре засоренности полей севооборота. Из общего ряда выбывали поля №2 и №7, для которых усредненные коэффициенты общности удельного обилия были равны соответственно 49,2 и 48,9%. Средняя величина общности удельного обилия сорных растений по севообороту составила 54,5% (табл. 3).

Таблица 3 – Сходство видового состава и общность удельного обилия сорных растений в зерноотравно-пропашном севообороте

№ поля	Индекс попарного видового сходства						Коэффициент общности удельного обилия					
	№ поля						№ поля					
	2	3	4	5	6	7	2	3	4	5	6	7
1	0,87	0,87	0,87	0,88	0,89	0,85	53,5	69,6	63,1	59,6	55,8	54,0
2		0,91	0,88	0,89	0,94	0,88		63,3	48,9	53,2	45,9	30,4
3			0,85	0,88	0,91	0,89			70,6	61,9	57,9	51,5
4				0,89	0,81	0,91				54,2	77,2	63,3
5					0,91	0,84					59,9	37,0
6						0,85						57,5

Изучение структуры засоренности показало, что для абсолютного большинства полей севооборота было характерным формирование малолетнего типа засоренности. На долю малолетних двудольных видов приходилось от 90,8 до 98,1% общей численности сорных растений, малолетних однодольных, представленных мятликом однолетним и ситником жабьим, – от 0,1 до 1,5% (табл. 4). Отличительной особенностью поля №7 служило формирование более сложного типа засоренности – корневищно-корнеотпрысково-малолетнего.

На этом поле доля видов с многолетним циклом развития составляла 17,0%, в том числе осота полевого – 6,6%, пырея ползучего – 3,5%, мать и мачехи обыкновенной – 3,1%.

Фактическая численность этих видов была равна соответственно 19, 10 и 9 экз./м². Доля многолетников в общей фитомассе сорняков превышала величины этих показателей на всех остальных полях (рис. 1). В посадках картофеля, размещенных на поле №7, доля многолетних однодольных и двудольных видов в общей надземной массе сорных растений составляла соответственно 13,7 и 75,4%, в посевах рапса ярового – 13,4 и 62,6%, ржи озимой – 60,7 и 16,6%, ячменя ярового – 2,1 и 27,1%. В целом возделывание ржи озимой приводило к снижению формируемой сорными растениями массы в 7,8 раза, в том числе многолетних однодольных и двудольных видов – в 2,1 и 25,1 раза.

Таблица 4 – Структура засоренности полей зерноотравно-пропашного севооборота (среднее за 2012–2018 годы) % от общей численности

Биологическая группа	№ поля						
	1	2	3	4	5	6	7
Многолетние однодольные	1,0	1,7	3,0	3,1	0,3	1,7	3,4
Многолетние двудольные	0,8	7,4	2,2	4,6	2,1	2,0	13,6
Малолетние однодольные	0,1	0,1	0,2	0,1	1,5	0,2	0,2
Малолетние двудольные	98,1	90,8	94,6	92,2	96,1	96,1	82,8

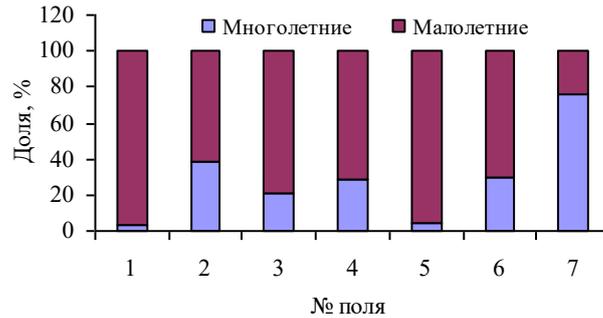


Рис. 1 – Соотношение надземной массы малолетних и многолетних видов сорных растений в зернотравяно-пропашном севообороте

Массовыми видами сорных растений на площади изучаемого зернотравяно-пропашного севооборота были марь белая (*Chenopodium album* L.), фиалка полевая (*Viola arvensis* Murr.), пикульники (*Galeopsis* spp.), дьямянка аптечная (*Fumaria officinalis* L.), торица полевая (*Spergula arvensis* L.), пастушья сумка обыкновенная (*Capsella bursa-pastoris* (L.) Medic.). При этом марь белая и фиалка полевая – виды абсолютные доминанты, имеющие соответствующий статус в агроценозах каждой из культур изучаемого севооборота. В группу обычных видов, со средними показателями засоренности, могут быть отнесены ромашка непахучая (*Matricaria inodora* L.), редька дикая (*Raphanus raphanistrum* L.), торичник красный (*Spergularia rubra* (L.) J. et C.Presl), пырей

ползучий (*Elitrigia repens* (L.) Nevski), щавель малый (*Rumex acetosella* L.), бородавник обыкновенный (*Lapsana communis* L.), осот полевой (*Sonchus arvensis* L.), незабудка полевая (*Myosotis arvensis* (L.) Hill.). Основную часть видов сорных растений допустимо считать второстепенными, имеющими низкие показатели встречаемости и густоты. При этом для всех перечисленных видов сорняков было свойственно неравномерное распространение на территории севооборота, подтверждаемое высокими значениями коэффициентов вариации (табл. 5). Согласно рассчитанным коэффициентам агрегации, которые были выше 1, сорные растения характеризовались групповым или агрегированным размещением в севообороте, обусловленным влиянием определенных факторов.

Таблица 5 – Засоренность полей зернотравяно-пропашного севооборота отдельными видами сорных растений (среднее за 2012–2018 годы), экз./м²

Вид	№ поля							сред- няя	НСР ₀₅	K _{вар} *	K _{агр}
	1	2	3	4	5	6	7				
Марь белая	68	13	59	90	26	85	115	65	15	151	14,8
Фиалка полевая	76	79	77	37	38	23	9	48	13	155	11,6
Пастушья сумка обыкновенная	17	42	1	36	1	38	11	21	8	216	9,7
Пикульники, виды	13	11	22	40	5	22	12	18	6	185	6,1
Торица полевая	17	6	9	22	6	18	46	18	7	223	8,8
Дьямянка аптечная	63	2	6	8	1	7	17	14	9	335	15,4
Ромашка непахучая	4	14	1	6	2	13	9	7	3	287	6,0
Редька дикая	7	11	7	5	11	0,3	3	6	3	314	5,8
Торичник красный	2	1	3	16	15	7	1	6	4	506	16,2
Пырей ползучий	3	4	6	10	0,4	3	10	5	3	322	5,0
Щавель малый	1	15	4	3	2	3	1	4	3	449	8,3
Бородавник обыкновенный	2	5	3	4	6	3	1	4	2	263	2,4
Осот полевой	1	0,2	1	5	0,4	0,5	18	4	4	567	12,1
Незабудка полевая	1	4	0,3	4	1	6	3	3	1	281	2,1

*K_{вар} – коэффициент вариации; K_{агр} – коэффициент агрегации.

По результатам корреляционного анализа выявлена положительная связь между кислотностью почвы и численностью незабудки полевой ($r=0,57, p<0,05$), мари белой ($r=0,43$), пастушьей сумки обыкновенной ($r=0,42$), осота полевого ($r=0,38$), ромашки непахучей ($r=0,32$), торицы полевой ($r=0,26$). В отношении торицы полевой известно, что этот вид

относится к группе оксифитов – растений, предпочитающих кислую реакцию почвенного раствора [10]. Согласно данным агрохимического обследования полей, сильно изменчивым показателем была сумма обменных оснований (1,7...4,1 мМоль/100 г). Положительная реакция на рост величины этого показателя отмечена у таких видов, как марь белая

($r=0,57$, $p\leq 0,05$), ромашка непахучая ($r=0,54$, $p\leq 0,05$), незабудка полевая ($r=0,53$, $p\leq 0,05$), пастушья сумка ($r=0,45$, $p\leq 0,05$), осот полевой ($r=0,32$), торица полевая ($r=0,29$), пырей ползучий ($r=0,27$); отрицательная – у редьки дикой ($r=-0,40$), фиалки полевой ($r=-0,33$), щавеля малого ($r=-0,32$). Обращают на себя внимание достоверные коэффициенты корреляции между содержанием органического вещества в почве и численностью мари белой ($r=0,51$, $p\leq 0,05$) и редьки дикой ($r=-0,51$, $p\leq 0,05$). Ранее мы уже отмечали отзывчивость мари белой на внесение минеральных удобрений и противоположную реакцию на этот агротехнический прием у редьки дикой.

Максимальное содержание органического вещества, легкогидролизуемого азота и обменного калия отмечено в почве поля №7, для которого была характерна наиболее высокая густота произрастания мари белой, торицы полевой, осота полевого, мать и мачехи обыкновенной, мяты полевой и чистеца болотного. В отношении засоренности полей многолетниками более показателен предуборочный учет,

что связано с растянутым периодом их прорастания (табл. 6). Особенно это актуально для таких видов, как щавель малый и чистец болотный, плотность которых в период уборки урожая ячменя ярового возрастала, по сравнению с фазой кущения, в 3,4 и 4,1 раза, по сравнению с фазой 2-х настоящих листьев рапса ярового, – в 2,0 и 8,7 раза. При этом допустимо ограничиться анализом ситуации, складывающейся в посадках картофеля, где вследствие продолжительного дождливого периода культуры и широких междурядий создаются наиболее благоприятные условия для роста и развития всех групп сорных растений. В нашем исследовании на поле №2 отмечена большая численность подорожника большого и горошка мышиный, на поле №3 – пырей ползучего, на поле №6 – щавеля малого. Среди малолетников на поле №4 чаще всего встречались пикульники, на поле №1 – дымянка аптечная, в меньшей степени на поле №7 отмечали фиалку полевую, на поле №5 – пикульники, на поле №6 – редьку дикую.

Таблица 6 – Засоренность посадок картофеля зернотравяно-пропашного севооборота многолетними видами сорных растений (предуборочный учет)*

Вид	№ поля							Среднее
	1	2	3	4	5	6	7	
Пырей ползучий	8,3	17,2	63,9	34,2	0,1	14,0	46,8	26,4
	12,71	1,99	75,27	41,00	1,02	21,45	111,04	37,78
Осот полевой	0,1	0	0,1	1,4	0	0,3	19,8	3,1
	2,07	0	0,05	11,90	0	0,03	291,86	43,70
Мать и мачеха обыкновенная	0	0	0	0	0	0	15,2	2,2
	0	0	0	0	0	0	242,21	34,6
Чистец болотный	0	1,7	0,04	2,8	0	0,4	4,9	1,4
	0	0,67	0,08	4,14	0	2,06	27,36	4,90
Бодяк щетинистый	0,04	2,0	0	0	0	0,04	2,1	0,6
	0,06	5,19	0	0	0	0,52	23,24	4,14
Мята полевая	0,04	0	0,2	0,4	0,01	0,04	2,2	0,41
	0,01	0	0,13	0,14	0,27	0,003	6,62	1,02
Щавель малый	0,04	4,0	2,8	6,8	0,1	22,9	5,4	6,01
	0,02	8,76	1,42	6,58	0,41	14,68	6,21	5,44
Полынь обыкновенная	0	0	0	0	0,01	0,2	0	0,03
	0	0	0	0	0,01	0,01	0	0,003
Одуванчик лекарственный	0,1	0,3	0,04	0,04	0,03	0,1	0,2	0,1
	0,005	0,03	0,01	0,03	0,03	0,08	3,05	0,46
Подорожник большой	0,1	2,1	0	0,1	0,01	1,4	0,04	0,5
	0,004	2,37	0	0,02	0,01	0,15	0,03	0,37
Горошек мышиный	0	4,3	0	0	0	0,04	0	0,6
	0	0,27	0	0	0	0,16	0	0,06
Кипрей узколистный	0	0,1	0	0	0	0	0,04	0,02
	0	0,01	0	0	0	0	1,45	0,21
Хвощ полевой	0	0	0	0	0	0	0,04	0,01
	0	0	0	0	0	0	0,03	0,004

*верхняя строка – экз./м², нижняя строка – г/м².

Геостатические особенности распространения массовых видов сорных растений на площади зернотравяно-пропашного севооборота

достаточно хорошо визуализируются на цифровых картах, составленных с использованием программ ГИС АФИ и Surfer 11 (рис. 2).

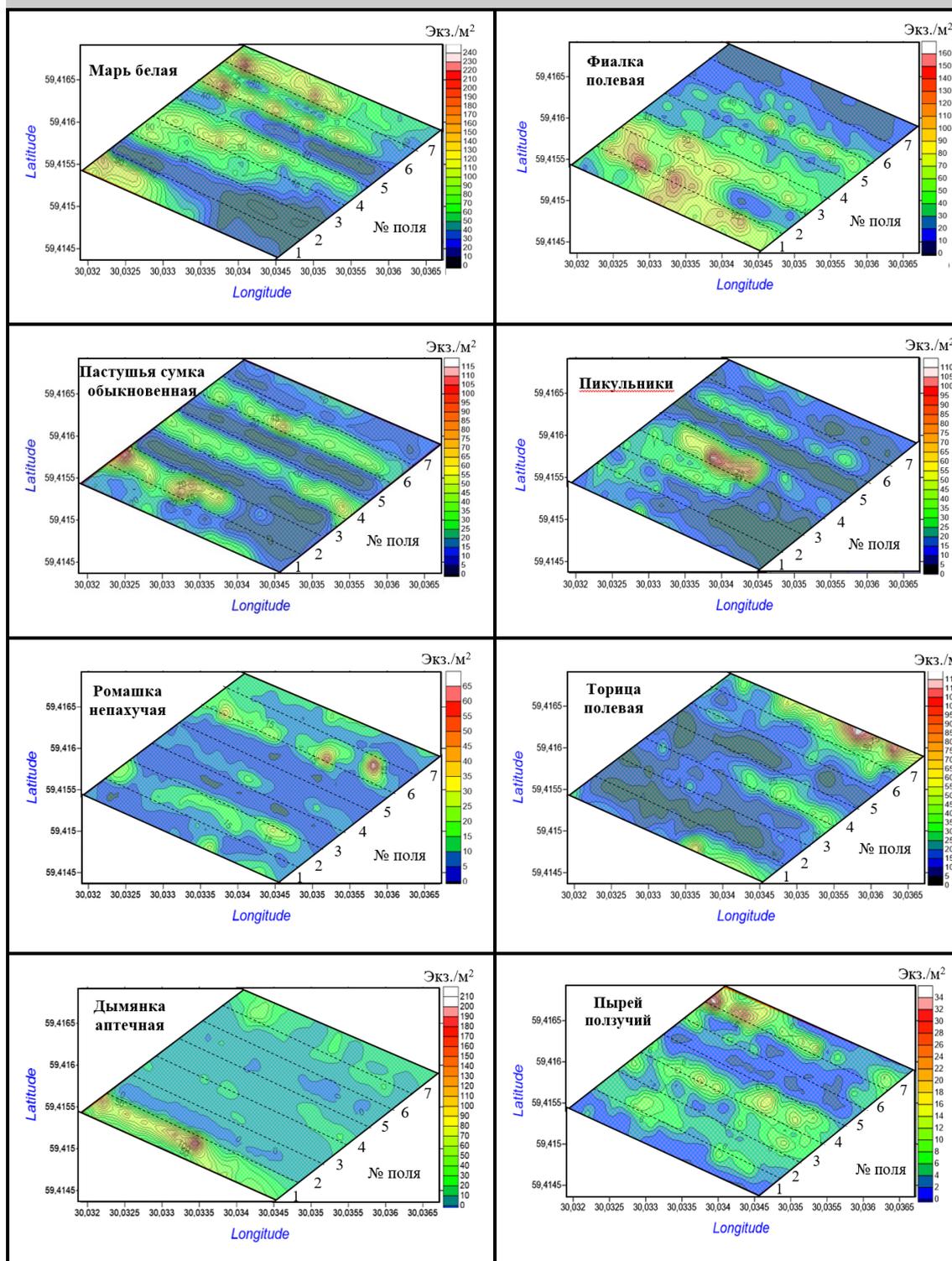


Рис. 2 – Цифровые карты пространственного размещения массовых видов сорных растений в зернотравяно-пропашном севообороте на Северо-Западе РФ

Выводы. Выявлено высокое сходство видового состава сорных растений и формирование единого комплекса сорной растительности на площади изучаемого зернотравяно-пропашного севооборота (87% общих видов). При этом обозначились достоверные различия в структуре засоренности полей севооборота (54,5% общность удельного обилия), что было следствием различий между агрохимическими

показателями почвы, в первую очередь это отнрсится к кислотности (4,4...4,8), сумме обменных оснований (1,7...4,1 ммоль/100 г почвы) и содержанию органического вещества (3,1...3,9%). Неравномерное или агрегированное размещение на территории севооборота, подтверждаемое высокими значениями коэффициентов вариации (151 и более) и агрегации (2,1 и более), оказалось характерно для всех

произрастающих видов сорных растений.

Применение гербицидов в севообороте должно быть основано на индивидуальных особенностях засоренности каждого поля, сложившихся под влиянием длительного сельскохозяйственного использования.

Для этого потребуются составление ежегодных карт засоренности полей с элементами

пространственной структуры и геостатического размещения массовых видов сорных растений, оценки эффективности гербицидных обработок и других агротехнических мероприятий, способных сказаться на качественной и количественной составляющей комплекса сорной растительности севооборотной агроэкосистемы.

Литература

1. Моисеев А.Н., Моисеева К.В. Засоренность зерноотраважного севооборота в северной лесостепи Тюменской области // Аграрный вестник Урала. 2017. № 12 (166). С. 7.
2. Паштецкий В.С., Радченко Л.А., Женченко К.Г. Зернопаропашные севообороты для условий Крыма // Таврический вестник аграрной науки. 2017. № 4 (12). С. 90–97.
3. Замятин С.А., Ефимова А.Ю. Мониторинг засоренности полевых севооборотов // Вестник Марийского государственного университета. 2017. Т. 3. № 1 (9). С. 33–37.
4. Морозов В.И., Тойгильдин А.Л., Подсевалов М.И. Флористический состав и динамика численности сорных растений агрофитоценозов в севооборотах лесостепной зоны Поволжья // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 4 (44). С. 102–109. doi: 10.18286/1816-4501-2018-4-102-109.
5. Перфильев Н.В., Вьюшина О.А., Тимофеев В.Н. Соотношение видов сорных растений под влиянием севооборота и систем основной обработки почвы в условиях северного Зауралья // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32. № 5. С. 35–40. doi: 10.24411/0235-2451-2018-10509.
6. Гурьянов А.М., Артемьев А.А. Оценка засоренности агроценозов и эффективность дифференцированного применения гербицидов в севообороте // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2018. № 5 (66). С. 83–89. doi: 10.30766/2072-9081.2018.66.5.83-89.
7. Назранов Х.М., Худинова М.М. Оценка пространственной неоднородности уровня плодородия и засоренности в пределах поля // Известия Горского государственного аграрного университета. 2018. Т. 55. № 2. С. 41–45.
8. Precision weed detection in wheat fields for agriculture 4.0: A survey of enabling technologies, methods, and research challenges / K. Xu, L. Shu, Q. Xie et al. // Computers and Electronics in Agriculture. 2023. Vol. 212. P. 108106.
9. Rozenberg G., Kent R., Blank L. Consumer-grade UAV utilized for detecting and analyzing late-season weed spatial distribution patterns in commercial onion fields // Precision Agriculture. 2021. Vol. 22. P. 1317–1332. doi: 10.1007/s11119-021-09786-y
10. Spatial Modelling of Within-Field Weed Populations; a Review / G.J. Somerville, M. Sønderkov, S.K. Mathiassen et al. // Agronomy. 2020. Vol. 10. P. 1044. doi: 10.3390/agronomy10071044
11. Смуk В.В., Шпанев А.М. Дистанционный мониторинг засоренности посадок картофеля в периоды до и после появления всходов // Агрофизика. 2019. № 4. С. 46–53.
12. Шпанев А.М. Влияние минеральных удобрений на пространственное размещение сорных растений в посевах ярового ячменя // Плодородие. 2022. № 2 (125). С. 8–12.
13. Структура сорного компонента и его пространственное распределение в полях зернопаропашного севооборота / Г.Д. Гогмачадзе, Н.С. Матюк, В.Д. Полин и др. // АгроЭкоИнфо. 2021. № 1 (43). С. 4. doi: 10.51419/20211112.
14. Синицына С.М. Многолетние травы Северо-Запада РФ: состояние и проблемы // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. 2017. Вып. 92. С. 103–111.

Сведения об авторах:

Шпанев Александр Михайлович – доктор биологических наук, главный научный сотрудник лаборатории опытного дела, e-mail: ashpanev@mail.ru

Смуk Василий Васильевич – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник лаборатории опытного дела, e-mail: vvsmuk@mail.ru

Агрофизический научно-исследовательский институт, г. Санкт-Петербург, Россия.

SPATIAL STRUCTURE OF WEED CONTENTION OF GRAIN-GRASS-ROW CROP ROTATION IN THE NORTH-WEST OF RUSSIA

A. M. Shpanev, V. V. Smuk

Abstract. The study was carried out to analyze the spatial distribution of weeds in grain-grass-row crop rotation in the North-West region of the Russian Federation. Based on calculations of the index of pairwise species similarity and the coefficient of commonality of specific abundance, it was revealed, on the one hand, a high similarity in the species composition of weeds within the studied crop rotation (0.81...0.94), on the other hand, significant differences in the structure of weediness in fields (30, 4...70.6). The differences in weediness between some fields, both in terms of the number and above-ground mass of weeds, turned out to be statistically significant. Species abundance varied within 6...10 species/m², numerical composition - 150...312 specimens/m², phytomass - 51.2...272.5 g/m² with an average value of this indicator for crop rotation fields of 8 species/m², 251 ind./m² and 161.7 g/m², respectively. Uneven or aggregated distribution in the crop rotation territory, confirmed by high values of the coefficients of variation (151...567) and aggregation (2.1...16.2), turned out to be characteristic of all widespread species of weeds. Geostatic features of the distribution of their mass species in the area of grain-grass-row crop rotation were quite clearly visible on digital maps compiled using special programs. Significant differences in the weed structure of crop rotation fields and the distribution of individual weed species were a consequence of differences in the agrochemical characteristics of the soil, primarily acidity, the amount of exchangeable bases and the content of organic matter. When using herbicides in crop rotation, it is necessary to take into account the individual characteristics of weediness in each field and the spatial distribution of mass species

of weeds, which have developed under the influence of long-term agricultural use.

Key words: crop rotation, weeds, species composition, weed structure, coefficient of variation, aggregation coefficient.

References

1. Moiseev AN, Moiseeva KV. [Weediness of grain-grass crop rotation in the northern forest-steppe of Tyumen region]. *Agrarnyi vestnik Urala*. 2017; 12 (166). 7 p.
2. Pashetskiy VS, Radchenko LA, Zhenchenko KG. [Grain and fallow crop rotations for the conditions of the Crimea]. *Tavricheskiy vestnik agrarnoy nauki*. 2017; 4 (12). 90-97 p.
3. Zamyatin SA, Efimova AYU. [Monitoring of weed infestation in field crop rotations]. *Vestnik Mariyskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2017; Vol.3. 1 (9). 33-37 p.
4. Morozov VI, Toygil'din AL, Podsevalov MI. [Floristic composition and dynamics of the number of weeds in agrophytocenoses in crop rotations of the forest-steppe zone of Volga region]. *Vestnik Ul'yanovskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii*. 2018; 4 (44). 102-109 p. doi: 10.18286/1816-4501-2018-4-102-109.
5. Perfil'ev NV, V'yushina OA, Timofeev VN. [The ratio of weed species under the influence of crop rotation and basic tillage systems in the conditions of the northern Urals]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2018; Vol.32. 5. 35-40 p. doi: 10.24411/0235-2451-2018-10509.
6. Gur'yanov AM, Artem'ev AA. [Assessment of weediness in agrocenoses and the effectiveness of differentiated use of herbicides in crop rotation]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka*. 2018; 5 (66). 83-89 p. doi: 10.30766/2072-9081.2018.66.5.83-89.
7. Nazranov KhM, Khutsinova MM. [Assessment of spatial heterogeneity of the level of fertility and weeds within the field]. *Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2018; Vol.55. 2. 41-45 p.
8. Xu K, Shu L, Xie Q. Precision weed detection in wheat fields for agriculture 4.0: a survey of enabling technologies, methods, and research challenges. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2023; Vol.212. 108106 p.
9. Rozenberg G, Kent R, Blank L. Consumer-grade UAV utilized for detecting and analyzing late-season weed spatial distribution patterns in commercial onion fields. *Precision Agriculture*. 2021; Vol.22. 1317-1332 p. doi: 10.1007/s11119-021-09786-y
10. Somerville GJ, Sonderskov M, Mathiassen SK. Spatial modelling of within-field weed populations: a review. *Agronomy*. 2020; Vol.10. 1044 p. doi: 10.3390/agronomy10071044
11. Smuk VV, Shpanev AM. [Remote monitoring of weediness in potato plantings during the periods before and after emergence]. *Agrofizika*. 2019; 4. 46-53 p.
12. Shpanev AM. [The influence of mineral fertilizers on the spatial distribution of weeds in spring barley crops]. *Plodorodie*. 2022; 2 (125). 8-12 p.
13. Gogmachadze GD, Matyuk NS, Polin VD. [The structure of the weed component and its spatial distribution in the fields of grain crop rotation]. *AgroEkoInfo*. 2021; 1 (43). 4 p. doi: 10.51419/20211112.
14. Sinitsyna SM. [Perennial grasses of the North-West of the Russian Federation: state and problems]. *Tekhnologii i tekhnicheskie sredstva mekhanizirovannogo proizvodstva produktii rastenievodstva i zhivotnovodstva*. 2017; issue 92. 103-111 p.

Authors:

Shpanev Aleksandr Mikhaylovich – Doctor of Biological Sciences, Chief Researcher of Experimental Laboratory, e-mail: ashpanev@mail.ru

Smuk Vasilii Vasilievich – Ph.D. of Agricultural Sciences, Senior Researcher of Experimental Laboratory, e-mail: vvsmuk@mail.ru

Agrophysical Research Institute, St. Petersburg, Russia.