

- Yedimeichev Yu.F., Shpagin A.I. *Sovremennyye problemy resursosberegayushchikh tekhnologiy v zemledelii Krasnoyarskogo kraya: uchebnoye posobiye* [Modern problems of resource-saving technologies in agriculture of the Krasnoyarsk Territory: textbook]. Krasnoyarsk, 2014, 204 p.
- Konishchev A.A. *Obrabotka pochvy: vchera, segodnya, zavtra* [Tillage: yesterday, today, tomorrow]. Ivanovo, 2013, 127 p.
- Mal'tsev T.S. *Voprosy zemledeliya* [Questions of agriculture]. M.: Kolos, 1971, 391 p.
- Miller S.S., Flyants Ye.A., Yeliseyeva Ye.A. *Vliyaniye osnovnoy obrabotki pochvy na zapasy produktivnoy vlagi i urozhaynost' yarovoy pshenitsy v Tyumenskoy oblasti* [The influence of basic tillage on productive moisture reserves and yield of spring wheat in the Tyumen region] // *Agroproduktivnost' i politika Rossii*, 2021, no. 5–6, pp. 10–14.
- Moiseyev A.N., Yerechin D.I. *Otsenka sevooborotov po vlagoobespechennosti kul'tur v usloviyakh lesostepnoy zony Zaural'ya* [Evaluation of crop rotations by moisture availability of crops in the conditions of the forest-steppe zone of the Trans-Urals] // *Agrarnyy vestnik Urala*, 2012, no. 11(103), pp. 18–20.
- Selivanova V.Yu. *Korrelyatsionnaya zavisimost' zapasov vlagi v parovykh polyakh ot atmosferykh osadkov goda v zavisimosti ot osnovnykh obrabotok* [Correlation dependence of moisture reserves in steam fields on atmospheric precipitation of the year depending on the main treatments] // *Sel'skokhozyaystvennyy zhurnal*, 2019, no. 4(12), pp. 18–27.

УДК 635.21:632.768.12

DOI: 10.25695/AGRP.H.2023.02.04

ОСОБЕННОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАЗМЕЩЕНИЯ КОЛОРАДСКОГО ЖУКА НА ПОСАДКАХ КАРТОФЕЛЯ

В. В. Смук, А. М. Шпанев

ФГБНУ «Агрофизический научно-исследовательский институт»
195220, г. Санкт-Петербург, Гражданский пр., д. 14
E-mail: vvsmuk@mail.ru; ashpanev@mail.ru

Поступила в редакцию 21.11.2022, принята к печати 31.05.2023

По результатам детализированного учета поврежденности растений личинками колорадского жука выявлена пространственная неравномерность размещения данного вредителя на посадках картофеля в полевом и овощном севооборотах Меньковского филиала АФИ (Ленинградская обл., Гатчинский район), подтвержденная высокими коэффициентами вариации (130 и 187%) и агрегации (2,5 и 3,5). Она оказалась обусловлена особенностями заселения полей и избирательностью по отношению к кормовым растениям, в разной степени обеспеченным основными элементами питания. Сильная поврежденность листовой массы растений отмечалась в краевой зоне полей и была вызвана близостью приусадебных участков с южной стороны и соседством с прошлогодними посадками картофеля – с северной. На фоне внесения минеральных удобрений, которое приводило к увеличению облиственности и вегетативной массы растений, отмечалось снижение их поврежденности личинками колорадского жука в средней и сильной степени (в 1,4–2,3 и 2,1–2,8 раза в полевом и овощном севооборотах соответственно). Пространственную неоднородность размещения колорадского жука на обследованных полях удастся визуализировать при проведении группировки данных по элементарным участкам, соответствующим по размеру участкам с разной степенью удобренности, на цифровых картах, составленных с помощью программ ГИС АФИ и Surfer 11.

Ключевые слова: посадки картофеля, колорадский жук, поврежденность растений, пространственное размещение, цифровые карты, окультуренность полей, минеральные удобрения.

FEATURES OF COLORADO POTATO BEETLE SPATIAL PLACEMENT IN POTATO PLANTINGS

V. V. Smuk, A. M. Shpanev

*Agrophysical Research Institute**195220, Saint-Petersburg, Grazhdanskiy pr., 14**E-mail: vvsruk@mail.ru, ashpanev@mail.ru*

Based on the results of the detailed monitoring of plant damage by the larvae of the Colorado potato beetle, spatial heterogeneity of the pest in potato plantings in a field and vegetable crop rotations at Menkovo experimental station of the Agrophysical Institution (Leningrad region) was revealed, confirmed by high coefficients of variation (130 and 187%) and aggregation (2,5 and 3,5). The heterogeneity was related to the features of the pest spreading in fields and its selectivity to forage crops that vary in the availability of nutrients. The severe damage to the leaf mass of plants located on the boundary of the fields was caused on the one hand by the close location of the homesteads and, on the other hand, by the close proximity to last year's potato plantings. Under the application of mineral fertilizers, which led to an increase in foliage and vegetative mass of plants, there was a decrease in the plant damage by the larvae of the Colorado potato beetle to a moderate and severe degree (by 1,4–2,3 and 2,1–2,8 times in the field and vegetable crop rotations, respectively). Spatial heterogeneity of the pest beetles spread in the surveyed fields can be visualized by grouping data into elementary sections corresponding to the width of the treatment with varying degrees of fertilization on digital maps compiled with GIS AFI and Surfer 11 programs.

Keywords: potato plantings, Colorado potato beetle, damage to plants, spatial distribution, digital maps, cultivated fields, mineral fertilizers.

ВВЕДЕНИЕ

Внедрение технологий точного земледелия в практику защиты сельскохозяйственных культур от вредителей требует точного определения масштабов и интенсивности заселения посевов насекомыми, а также особенностей их пространственного размещения в агроценозах. При этом известно, что распределение насекомых-вредителей по сельскохозяйственным угодьям имеет сложный характер с нерегулярными и различными по площади агрегациями (Ferguson et al., 2003; Naseri et al., 2009; Rahmani et al., 2010; Moradi-Vajargah et al., 2011; Carvalho et al., 2020; Pereira et al., 2020; Ribeiro et al., 2021; Seethalam et al., 2021).

В пространственном распределении насекомых-вредителей в посевах сельскохозяйственных культур заметную роль играют поведенческие реакции, пищевая избирательность, миграционные способности, размеры полей, наличие сорной растительности и лесополос (Гусева, Коваль, 2011). В результате исследований установлено, что увеличение засоренности посевов озимой пшеницы способствует повышению численности клопов вредной черепашки, злаковых тлей и хлебных пилильщиков (Глазунова, 2017). Близость лесополос приводит к увеличению плотности популяции вредных насекомых в краевых зонах прилегающих к ним посевов сельскохозяйственных культур (Глазунова, 2007). Краевое заселение полей свойственно клопам вредной черепашки, злаковым тлям, пшеницам, хлебным жукам, хлебным блошкам, пшеничному трипсу и другим видам фитофагов (Бойко, Слабожанкина, 2013). Замена сплошных обработок на локальные и краевые снижает пестицидную нагрузку на агроценозы и окружающую среду, сохраняет полезную энтомофауну и довольно успешно практикуется для борьбы с разными вредителями в южных регионах России (Демкин и др., 2007; Илюшечкин, Махоткин, 2008; Москвичев и др., 2012).

Гетерогенность пространственного заселения агроценозов вредителями может быть связана с

невыровненной глубиной обработки почвы, неравномерным внесением удобрений, изменчивостью густоты стеблестоя культурных растений и различиями в их фенологическом развитии (Шпанев, Срук, 2021; Шпанев, Фесенко, 2022; Ferguson et al., 2003; Bieganski et al., 2021). Для пространственного размещения насекомых имеют значение элементы рельефа и агроландшафта, которые определяют условия освещения, увлажнения посева и температуру (Спиридонов и др., 2018). Так, в условиях ложбинного характера рельефа плотность почвообитающих вредителей существенно возрастает, что связано с высокой влажностью почвы в ложбине, а также повышенной густотой корневищных и корнеотпрысковых сорных растений, служащих дополнительным источником питания для личинок жуков-щелкунов, хлебных жуков и чернотелок. На склоне южной экспозиции существенно увеличивается поврежденность главных и боковых стеблей озимой пшеницы хлебными клопами. Заселенность посевов яровых зерновых культур хлебной полосатой блошкой и поврежденность растений шведской мухой возрастают от северного к южному склону и от нижней к верхней части всех склонов (Абдулвалеев, Троц, 2015).

Знания об особенностях пространственного размещения особенно актуальны в отношении опасных и особо опасных вредителей, имеющих большое хозяйственное значение. Одним из опасных вредителей картофеля является колорадский жук, который за счет широкого предела адаптивной изменчивости вида и потепления климата успешно акклиматизировался на территории Северо-Западного региона (Павлюшин и др., 2009). Однако вследствие того, что природно-климатические условия данного региона характеризуются наличием множества абиотических факторов, способных серьезно ограничить скорость распространения колорадского жука, стабилизации его популяции на устойчиво высоком уровне не произошло (Фасулати, Иванова, 2018). В настоящее время он наносит существенный

вред картофелю только в годы подъема численности популяции. Известно об очаговом характере заселения колорадским жуком посадок картофеля, однако способствующие ему факторы изучены не в полной мере.

Цель исследований заключалась в изучении особенностей пространственного размещения колорадского жука в посадках картофеля и определяющих их факторов в северной части ареала вредителя.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Изучение особенностей пространственного размещения колорадского жука в посадках картофеля проводилось в 2022 году в длительном стационарном опыте с разными уровнями окультуренности дерново-подзолистой супесчаной почвы (агрофизический стационар) Меньковского филиала Агрофизического НИИ (рис. 1). Стационар функционирует с 2006 г., в его пределах развернуты во времени полевой и овощной севообороты на двух смежных полях площадью 1 га каждое. Полевой севооборот имеет следующее чередование культур: ячмень с подсевом многолетних трав (тимофеевка луговая + клевер красный), многолетние травы 1-го и 2-го годов пользования, озимая рожь, картофель, однолетние

зернобобовые, картофель; овощной севооборот: белокочанная капуста, морковь, столовая свекла, ячмень с подсевом многолетних трав (тимофеевка луговая + клевер красный), многолетние травы 1-го и 2-го годов пользования. Целью опыта является определение влияния органоминеральной системы удобрения на урожайность и качество продукции возделываемых культур в зависимости от уровня окультуренности почвы и типа севооборота. Соответственно, схема опыта включает три уровня окультуренности (низкий, средний, высокий) и три дозы минеральных удобрений, зависящие от культуры (рис. 1). Уровни окультуренности создавались посредством внесения высоких (160 т га^{-1} за 2003–2005 гг.) и очень высоких (480 т га^{-1}) доз органических удобрений в виде навоза крупного рогатого скота, а в настоящее время поддерживаются путем внесения птичьего помета однократно за ротацию: в полевом севообороте – под картофель, в овощном – под капусту белокочанную. Дозы птичьего помета составляют 80 т га^{-1} на хорошо окультуренном фоне и 160 т га^{-1} – на высокоокультуренном. В 2022 году на обоих полях агрофизического стационара возделывался картофель сорта Метеор, дозы минеральных удобрений составляли $\text{N}_0\text{P}_0\text{K}_0$, $\text{N}_{80}\text{P}_{20}\text{K}_{100}$, $\text{N}_{120}\text{P}_{30}\text{K}_{150}$.

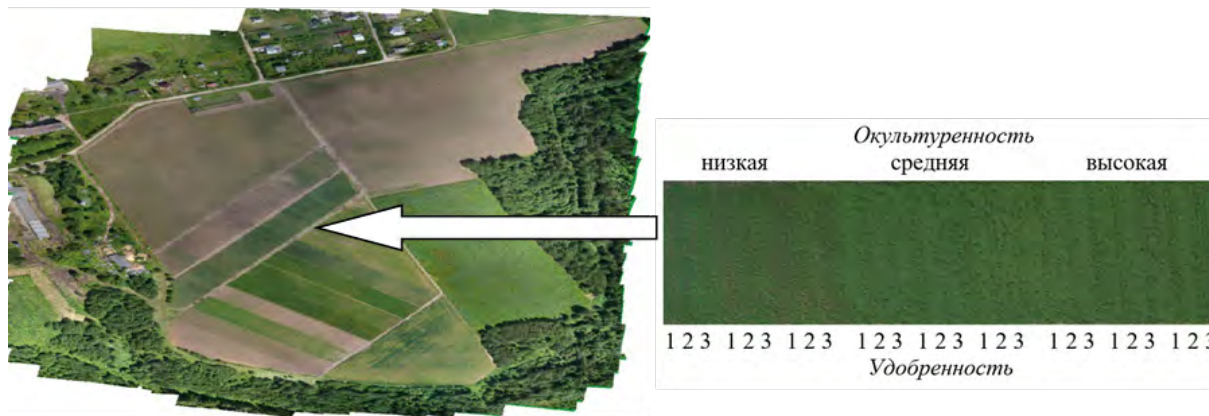


Рис. 1. Биополигон Меньковского филиала Агрофизического НИИ и пространственное расположение вариантов опыта на посадках картофеля в полевом и овощном севооборотах агрофизического стационара
(1 – $\text{N}_0\text{P}_0\text{K}_0$; 2 – $\text{N}_{80}\text{P}_{20}\text{K}_{100}$; 3 – $\text{N}_{120}\text{P}_{30}\text{K}_{150}$)

Детализированные учеты поврежденности растений личинками колорадского жука проводились в период роста клубней (30 июля – 4 августа), когда основная часть популяции вредителя завершила питание. Учету подлежали все растения картофеля на обоих полях, количество растений составляло 22 119 (полевой севооборот) и 21 287 (овощной севооборот). При этом оценке подвергались только кусты, поврежденные в средней (5–25% листовой поверхности) и сильной (более 25%) степени, что соответствовало 3, 5, 7 и 9 баллам по унифицированной шкале поврежденности растений насекомыми-вредителями (Зубков, 1995). Слабо поврежденные растения с интенсивностью повреждения листовой поверхности менее 5 % не подлежали количественному учету.

Для анализа пространственного размещения колорадского жука на двух обследованных полях рассчитывались такие показатели, как поврежденность растений личинками (доля поврежденных растений), интенсивность повреждения и общая степень повреждения, а также коэффициенты вариации ($K_{\text{вар}}$) и агрегации ($K_{\text{агр}}$). Первый из них представляет собой стандартное отклонение, выраженное в процентах к средней арифметической данной совокупности, второй – отношение дисперсии к среднему значению. Изменчивость принято считать незначительной, если коэффициент вариации не превышает 10%, средней – от 10 до 20%, значительной – более 20 % (Доспехов, 1979). Коэффициент агрегации равен 1 при случайном, больше 1 – при групповом, меньше 1 – при регулярном размещении особей (Грейг-Смит, 1967).

Цифровые карты пространственного размещения растений картофеля, поврежденных колорадским жуком, были составлены с помощью программ Surfer 11 и ГИС АФИ, разработанной в лаборатории информационного обеспечения точного земледелия Агрофизического НИИ.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате наблюдений, проводимых на полях Меньковского филиала АФИ с 2012 года, установлено, что численность колорадского жука на всех стадиях развития картофеля не превышала показателей экономического порога вредоносности (Шпанев и др.,

2017). Так, в фазу цветения картофеля заселенность растений и среднее количество личинок колорадского жука составили 1,2, 5,1, 6,2% и 8, 8, 4 экз./растение в 2012, 2014 и 2015 гг. соответственно. Неблагоприятные погодные условия летнего периода 2016 года, когда суммарное количество выпавших осадков значительно превысило среднее многолетний показатель, оказали негативное влияние на местную популяцию жука, выразившееся в его отсутствии на картофельных полях филиала в последующие годы (2017–2020 гг.). В течение указанных лет популяция жука сохранялась на посадках картофеля в личных подсобных хозяйствах, расположенных на территории филиала. Данный фактор совместно с аномально длительным периодом жаркой погоды в вегетационный сезон 2021 г. привел к восстановлению местной популяции вредителя. Так, при обследовании посадок картофеля в 2021 г. в фазу цветения выявлено наличие от 0,1 до 0,3% поврежденных растений при плотности заселения 7–13 личинок разных возрастов на растение и 3–5 очагах поражения на поле.

В результате обследований, проведенных в 2022 году, выявлена довольно высокая заселенность растений картофеля личинками колорадского жука на обоих полях. При этом доля растений, поврежденных личинками в средней и сильной степени, составила 1,5 и 1,0% со средней интенсивностью повреждения 3,7 и 4,1 балла в полевом и овощном севооборотах соответственно. Величина общей степени повреждения с учетом неповрежденных и слабоповрежденных растений составила 0,02 балла для обоих полей.

Анализ полученных данных выявил выраженную неравномерность размещения поврежденных растений в границах исследуемых полей. Это подтверждается как высокими коэффициентами вариации, равными 130 и 187 %, так и коэффициентами агрегации, превышающими 1, что характерно для объектов с агрегированным (скупенным, пятнистым) размещением в агроценозах (табл. 1). Поврежденность растений личинками колорадского жука в рядах изменялась в пределах от 0 до 9,9 % в полевом севообороте и от 0 до 13,6 % в овощном севообороте.

Таблица 1. Характеристика пространственного размещения растений картофеля, в средней и сильной степени поврежденных личинками колорадского жука, на полях полевого и овощного севооборотов.

Севооборот	Количество проанализированных растений	Доля растений, поврежденных в средней и сильной степени, %			$K_{\text{вар}}$	$K_{\text{агр}}$
		сред.	мин.	макс.		
Полевой	22119	1,5	0,0	9,9	130	2,5
Овощной	21287	1,0	0,0	13,6	187	3,5

Дальнейший анализ распределения поврежденных личинками колорадского жука растений картофеля позволил обнаружить выраженный краевой эффект, обусловленный особенностями заселения полей жуками. В полевом севообороте сосредоточение средне и сильно поврежденных растений в первых 11 рядах (3,9%, в среднем по полю – 1,5%) объясняется близостью расположения дачных участков и преобладанием

ветров юго-восточного направления, а в последних 10 рядах (3,4%, в среднем по полю – 1,5%) – непосредственным соседством с прошлогодними посадками картофеля, где было выявлено несколько очагов питающихся личинок вредителя. В овощном севообороте краевой эффект оказался менее выраженным, поскольку распространялся на меньшее количество рядов (рис. 2).

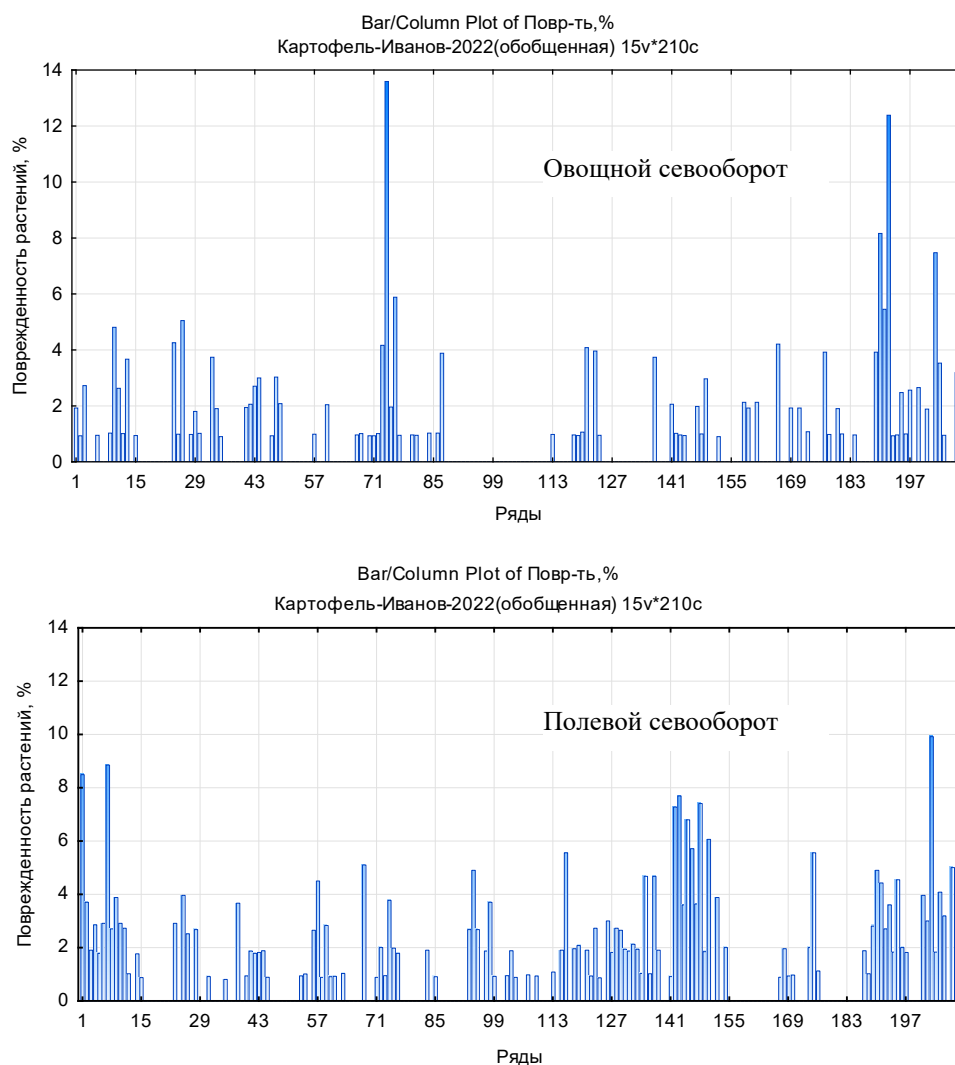


Рис. 2. Распределение растений, в средней и сильной степени поврежденных личинками колорадского жука, в границах обследуемых полей полевого и овощного севооборотов

В качестве факторов, влияющих на пространственное размещение наиболее поврежденных личинками колорадского жука растений, рассматривались уровни окультуренности полей и удобрённости посадок картофеля, создаваемые в соответствии со схемой опыта. Влияние окультуренности не было настолько сильным и однозначным, чтобы получить статистическое подтверждение. Наибольшая поврежденность растений личинками жука отмечена на фоне высокого содержания органического вещества и основных элементов минерального питания (табл. 2). Внесение

минеральных удобрений приводило к снижению поврежденности растений личинками колорадского жука в средней и сильной степени за счет увеличения их облиственности и вегетативной массы. В зависимости от дозы удобрений, снижение составило 1,4–2,3 и 2,1–2,8 раза в полевом и овощном севооборотах соответственно. При этом отмеченное положительное влияние удобрений лучше всего прослеживалось на фоне высокой окультуренности, где снижение поврежденности составило 1,5–3,2 (полевого севооборота) и 2,0–2,8 (овощной севооборота) раза (табл. 3).

Таблица 2. Характеристика поврежденности растений личинками колорадского жука при разных уровнях окультуренности полей и удобрённости посадок картофеля.

Показатель	Уровень окультуренности			Уровень удобрённости		
	низкий	средний	высокий	низкий N ₀ P ₀ K ₀	средний N ₈₀ P ₂₀ K ₁₀₀	высокий N ₁₂₀ P ₃₀ K ₁₅₀
Поврежденность растений, %	<u>1,3</u> 0,9	<u>1,2</u> 0,8	<u>1,9</u> 1,4	<u>2,1</u> 1,7	<u>1,5</u> 0,8	<u>0,9</u> ** 0,6**
Интенсивность повреждения, балл	<u>3,7</u> 3,9	<u>3,6</u> 4,3	<u>3,8</u> 3,8	<u>3,7</u> 4,5	<u>3,7</u> 3,6	<u>3,5</u> 3,4**

Примечание: ** – различия достоверны при $P \geq 0,99$; в числителе – полевого севооборота, в знаменателе – овощной севооборот.

Таблица 3. Комплексное влияние окультуренности и удобрённости на поврежденность растений картофеля личинками колорадского жука

Варианты опыта		Поврежденность растений, %	
Уровень окультуренности (УО)	Уровень удобрённости (УУ)	Полевой севооборот	Овощной севооборот
Низкий	N ₀ P ₀ K ₀	1,9	1,1
	N ₈₀ P ₂₀ K ₁₀₀	1,4	1,1
	N ₁₂₀ P ₃₀ K ₁₅₀	0,8	0,6
Средний	N ₀ P ₀ K ₀	1,6	1,8
	N ₈₀ P ₂₀ K ₁₀₀	1,1	0,1
	N ₁₂₀ P ₃₀ K ₁₅₀	1,1	0,4
Высокий	N ₀ P ₀ K ₀	2,9	2,2
	N ₈₀ P ₂₀ K ₁₀₀	2,0	1,1
	N ₁₂₀ P ₃₀ K ₁₅₀	0,9	0,8
НСР ₀₅ (УО)		0,93	1,14
НСР ₀₅ (УУ)		1,05	0,83
НСР ₀₅ (УО УУ)		2,09	1,93

Особенности пространственного размещения растений картофеля, поврежденных личинками колорадского жука в средней и сильной степени, хорошо просматриваются на цифровых картах, составленных с помощью программ ГИС АФИ и Surfer 11. На картах, где показана общая степень повреждения листьев личинками, четко выделяются краевые участки полей и неудобренные участки, для которых характерны более высокие уровни проявления жизнедеятельности вредителя (рис. 3). Для визуального представления была проведена группировка данных по элементарным участкам, состоящим из 8 рядов по 8 растений в каждом, что соответствует по размеру участкам с разной степенью

удобрённости. Таким образом, на каждом поле были выделены 324 элементарных участка с определенной степенью повреждения растений картофеля личинками колорадского жука. В овощном севообороте в очагах скопления вредителя в посадках картофеля данный показатель варьировался от 0,05 до 0,25, а в отдельных случаях достигал 0,47 и 0,77 баллов, в полевом – от 0,05 до 0,27 с максимальными значениями 0,47–0,55 баллов. При этом доля растений, поврежденных личинками жука в средней и сильной степени, в местах агрегаций вредителя составляла 1,8–16,1% и 1,8–12,5% в овощном и полевом севооборотах соответственно.

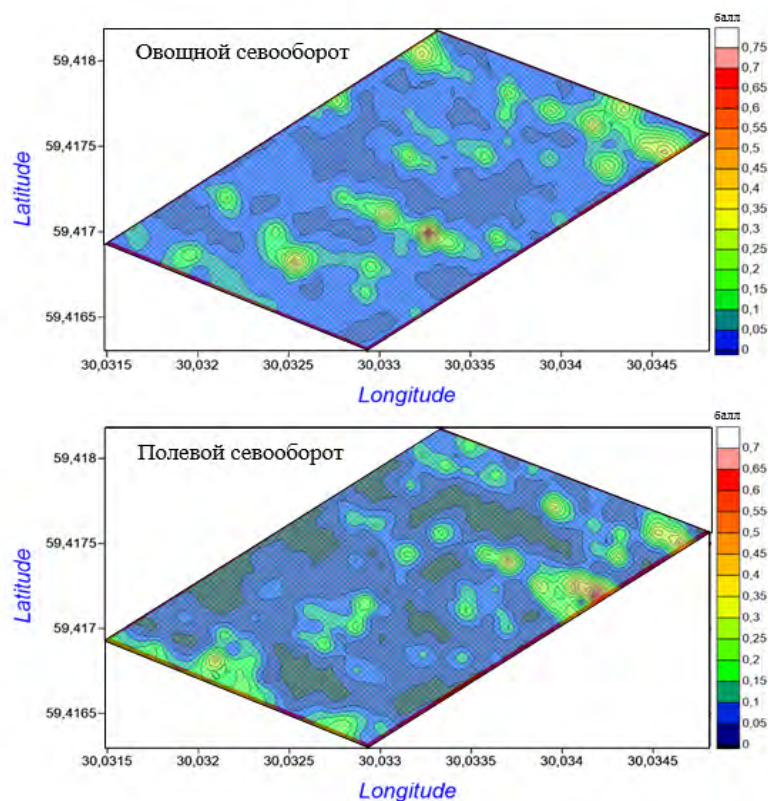


Рис. 3. Цифровые карты общей степени повреждения растений личинками колорадского жука в границах посадок картофеля в полевом и овощном севооборотах (1 – N₀P₀K₀; 2 – N₈₀P₂₀K₁₀₀; 3 – N₁₂₀P₃₀K₁₅₀)

ВЫВОДЫ

По результатам детализированного учета поврежденности растений личинками колорадского жука выявлена пространственная неравномерность размещения данного вредителя на посадках картофеля в полевом и овощном севооборотах, обусловленная особенностями заселения полей и избирательностью по отношению к кормовым растениям, в разной степени обеспеченным основными элементами питания. Сильная поврежденность листовой массы растений отмечалась в краевой зоне полей и была вызвана близостью приусадебных участков с южной стороны и соседством с прошлогодними посадками картофеля – с северной. На фоне внесения минеральных удобрений, которое приводило к увеличению облиственности и вегетативной массы растений, отмечалось снижение их поврежденности личинками колорадского жука в средней и сильной

степени (в 1,4–2,3 и 2,1–2,8 раза в полевом и овощном севооборотах соответственно).

Пространственную неоднородность размещения колорадского жука на обследованных полях удалось визуализировать при проведении группировки данных по элементарным участкам, соответствующим по размеру участкам с разной степенью удобренности, на цифровых картах, составленных с помощью программ ГИС АФИ и Surfer 11.

Пространственное распределение личинок колорадского жука на поле отдельными пятнами (агрегациями) позволит осуществить выборочную обработку инсектицидом конкретно зон их распространения, а не всей площади поля, как это предусмотрено при использовании традиционных сплошных технологий применения средств защиты растений.

Список литературы

- Абдулвалеев Р.Р., Троц В.Б. Влияние рельефа поля на фитосанитарное состояние и урожайность посевов яровой пшеницы // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2015. № 6(128). С. 40–44.
- Бойко С.В., Слабожанкина О.Ф. Пространственное распределение фитофагов в посевах зерновых культур // Защита и карантин растений. 2013. № 3. С. 23–26.
- Глазунова Н.Н. Влияние лесополос на энтомофауну в агроценозе озимой пшеницы // Защита и карантин растений. 2007. № 4. С. 44–45.
- Глазунова Н.Н. Характер размещения фитофагов и их энтомофагов в агроценозе озимой пшеницы // Труды Ставропольского отделения Русского энтомологического общества. 2017. № 13. С. 41–45.
- Грейг-Смит П. Количественная экология растений. М., 1967. 359 с.
- Гусева О.Г., Коваль А.Г. Пространственное распределение жуликов и стафилинид в агроэкосистеме // Сельскохозяйственная биология. 2011. Т. 46. № 1. С. 118–123.
- Демкин В.И., Добронравова М.В., Демкин А.В. Совершенствование защиты гороха от вредителей // Защита и карантин растений. 2007. № 12. С. 25–26.
- Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М., 1979. 416 с.
- Зубков А.Ф. Агробиоценологическая фитосанитарная диагностика. СПб., 1995. 386 с.
- Илющечкин А.В., Махоткин А.Г. Затраты на борьбу с гороховой зерновкой можно снизить // Защита и карантин растений. 2008. № 5. С. 28–29.
- Москвичев А.Ю., Карпова Т.Л., Генералов С.А., Кобызев А.Б. В борьбе с саранчой в Волгоградской области требуются новые подходы // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2012. № 2(26). С. 20–26.
- Павлюшин В.А., Сухорученко Г.И., Вилкова Н.А., Фасулати С.Р. Колорадский жук: распространение, экологическая пластичность, вредоносность, методы контроля // Защита и карантин растений. 2009. № 3. С. 69–100.
- Спирidonov Ю.Я., Будынков Н.И., Дудкин И.В., Стрижков Н.И., Суминова Н.Б., Курасова Л.Г., Даулетов М.А. Распределение вредных организмов по различным элементам рельефа и агроландшафта // Аграрный научный журнал. 2018. № 6. С. 16–20. DOI: 10.28983/asj.v0i6.499
- Фасулати С.Р., Иванова О.В. Роль абиотических факторов в ограничении распространения колорадского жука на Северо-Западе России // Вестник защиты растений. 2018. № 4. С. 27–30. DOI: 10.31993/2308-6459-2018-4(98)-27-30
- Шпанев А.М., Смур В.В., Фесенко М.А. Фитосанитарный эффект применения минеральных удобрений на посадках картофеля в Северо-Западном регионе // Агрохимия. 2017. № 12. С. 38–45. DOI: 10.7868/S0002188117120067
- Шпанев А.М., Смур В.В. Пространственное размещение личинок жуков-щелкунов при длительном применении минеральных удобрений на дерново-подзолистой супесчаной почве // Агрохимический вестник. 2021. № 3. С. 66–70. DOI: 10.24412/1029-2551-2021-3-014
- Шпанев А.М., Фесенко М.А. Влияние минерального питания на фитосанитарную обстановку в посевах ярового рапса на Северо-Западе РФ // Агрохимия. 2022. № 8. С. 44–50. DOI: 10.31857/S0002188122080130

- Bieganski A., Dammer K.-H., Siedliska A., Bzowska-Bakalarz M., Bereś P.K., Dąbrowska-Zielińska K., Pflanz M., Schirrmann M., Garz A. Sensor-based outdoor monitoring of insects in arable crops for their precise control // *Pest management science*. 2021. Vol. 77. Issue 3. pp. 1109–1114. DOI: 10.1002/ps.6098
- Carvalho S.C., Junior P.A.S., Pereira P.S., Sarmento R.A., Farias E.S., Lima C.H.O., Santos G.R., Picanço M.C. Spatial Distribution of *Frankliniella schultzei* (Thysanoptera: Thripidae) in Open-Field Yellow Melon, With Emphasis on the Role of Surrounding Vegetation as a Source of Initial Infestation // *Journal of Economic Entomology*. 2020. Vol. 113. Issue 6. pp. 2997–3003. DOI: 10.1093/jeet/toaa219
- Ferguson A.W., Klukowski Z., Walczak B., Clark S.J., Muggleston M.A., Perry J.N., Williams I.H. Spatial distribution of pest insects in oilseed rape: implications for integrated pest management // *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2003. Vol. 95. Issues 2–3. pp. 509–521.
- Moradi-Vajargah M., Golizadeh A., Rafiee-Dastjerdi H., Zalucki M.P., Hassanpour M., Naseri B. Population Density and Spatial Distribution Pattern of *Hypera postica* (Coleoptera: Curculionidae) in Ardabil, Iran // *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*. 2011. Vol. 39(2). pp. 42–48. DOI: 10.15835/nbha3926381
- Naseri B., Fathipour Y., Talebi A.A. Population density and spatial distribution pattern of *Empoasca decipiens* (Hemiptera: Cicadellidae) on different bean species // *Journal of agricultural science and technology (JAST)*. 2009. Vol. 11. pp. 239–248.
- Pereira P.S., Sarmento R.A., Lima C.H.O., Pinto C.B., Silva G.A., Dos Santos G.R., Picanço M.C. Geostatistical Assessment of *Frankliniella schultzei* (Thysanoptera: Thripidae) Spatial Distribution in Commercial Watermelon Crops // *Journal of Economic Entomology*. 2020. Vol. 113. Issue 1. pp. 489–495. DOI: 10.1093/jeet/toz253
- Rahmani H., Fathipour Y., Kamali K. Spatial distribution and seasonal activity of *Panonychus ulmi* (Acari: Tetranychidae) and its predator *Zetzellia mali* (Acari: Stigmaeidae) in apple orchards of Zanjan, Iran // *Journal of agricultural science and technology (JAST)*. 2010. Vol. 12. Issue 2. pp. 156–165.
- Ribeiro G.C.D., Martins I.C.F., Campos L.D., Mello M.N., Mejdalani G. Spatial and Temporal Distribution of Leafhoppers (Hemiptera: Cicadellidae) in a Corn Field // *Neotropical Entomology*. 2021. Vol. 50. pp. 630–642. DOI: 10.1007/s13744-021-00880-4
- Seethalam M., Bapatla K.G., Kumar M., Nisa S., Chandra P., Mathyam P., Sengottaiyan V. Characterization of *Helicoverpa armigera* spatial distribution in pigeonpea crop using geostatistical methods // *Pest management science*. 2021. Vol. 77. Issue 11. pp. 4942–4950. DOI: 10.1002/ps.6536

References

- Abdulvaleyev R.R., Trots V.B. Vliyaniye rel'yefa polya na fitosanitarnoye sostoyaniye i urozhaynost' posevov yarovoy pshenitsy [Influence of the field topography on the phytosanitary state and productivity of spring wheat crops] // *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2015, no. 6(128), pp. 40–44.
- Boyko S.V., Slabozhankina O.F. Prostranstvennoye raspredeleniye fitofagov v posevakh zernovykh kul'tur [Spatial distribution of phytophages in grain crops] // *Zashchita i karantin rasteniy*, 2013, no. 3, pp. 23–26.
- Glazunova N.N. Vliyaniye lesopolos na entomofaunu v agrotsenoze ozimoy pshenitsy [Influence of forest belts on the entomofauna in the agrocenosis of winter wheat] // *Zashchita i karantin rasteniy*, 2007, no. 4, pp. 44–45.
- Glazunova N.N. Kharakter razmeshcheniya fitofagov i ikh entomofagov v agrotsenoze ozimoy pshenitsy [The character of the placement of phytophages and their entomophages in the agrocenosis of winter wheat] // *Trudy Stavropol'skogo otdeleniya Russkogo entomologicheskogo obshchestva*, 2017, no. 13, pp. 41–45.
- Greig-Smith P. Kolichestvennaya ekologiya rasteniy [Quantitative plant ecology]. Moscow, 1967, 359 p.
- Guseva O.G., Koval' A.G. Prostranstvennoye raspredeleniye zhuzhelits i stafilinid v agroekosisteme [Spatial distribution of ground beetles and rove beetles in the agroecosystem] // *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya*, 2011, no. 1, pp. 118–123.
- Demkin V.I., Dobronravova M.V., Demkin A.V. Sovershenstvovaniye zashchity gorokha ot vreditel'ey [Improving the protection of peas from pests] // *Zashchita i karantin rasteniy*, 2007, no. 12, pp. 25–26.
- Dospekhov B.A. *Metodika polevogo opita* [Methods of field experience]. Moscow, 1979, 416 p.
- Zubkov A.F. *Agrobiotsenologicheskaya fitosanitarnaya diagnostika* [Agrobiocenological phytosanitary diagnostics]. Saint-Petersburg, 1995, 386 p.
- Ilyushechkin A.V., Makhotkin A.G. Zatraty na bor'bu s gorokhovoy zernovkoy mozno snizit' [Costs for the fight against pea weevil can be reduced] // *Zashchita i karantin rasteniy*, 2008, no. 5, pp. 28–29.
- Moskvichev A.Yu., Karpova T.L., Generalov S.A., Kobzyev A.B. V bor'be s saranchoy v Volgogradskoy oblasti trebuyutsya novyye podkhody [New approaches are required for the fight against locusts in the Volgograd region] // *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vyssheye professional'noye obrazovaniye*, 2012, no. 2(26), pp. 20–26.
- Pavlyushin V.A., Sukhoruchenko G.I., Vilkova N.A., Fasulati S.R. Koloradskiy zhuk: rasprostraneniye, ekologicheskaya plastichnost', vredonosnost', metody kontrolya [Colorado potato beetle: distribution, ecological plasticity, harmfulness, control methods] // *Zashchita i karantin rasteniy*, 2009, no. 3, pp. 69–100.

- Spiridonov Yu.Ya., Budynkov N.I., Dudkin I.V., Strizhkov N.I., Suminova N.B., Kurasova L.G., Dauletov M.A. Raspredeleniye vrednykh organizmov po razlichnym elementam rel'yefa i agrolandshafta [Distribution of harmful organisms according to various elements of relief and agrolandscape] // *Agrarnyy nauchnyy zhurnal*, 2018, no. 6, pp. 16–20. DOI: 10.28983/asj.v0i6.499
- Fasulati S.R., Ivanova O.V. Rol' abioticheskikh faktorov v ogranichenii rasprostraneniya koloradskogo zhuka na Severo-Zapade Rossii [The role of abiotic factors in limiting the spread of the Colorado potato beetle in the North-West of Russia] // *Vestnik zashchity rasteniy*, 2018, no. 4, pp. 27–30. DOI: 10.31993/2308-6459-2018-4(98)-27-30
- Shpanev A.M., Smuk V.V., Fesenko M.A. Fitosanitarnyy effekt primeneniya mineral'nykh udobreniy na posadkakh kartofelya v Severo-Zapadnom regione [Phytosanitary effect of the use of mineral fertilizers on potato plantations in the North-West region] // *Agrokimiya*, 2017, no. 12, pp. 38–45. DOI: 10.7868/S0002188117120067
- Shpanev A.M., Smuk V.V. Prostranstvennoye razmeshcheniye lichinok zhukov-shchelkunov pri dlitel'nom primeneni mineral'nykh udobreniy na dernovo-podzolistoy supeschanoy pochve [Spatial distribution of click beetle larvae during long-term use of mineral fertilizers on sod-podzolic sandy loamy soil] // *Agrokhimicheskiy vestnik*, 2021, no. 3, pp. 66–70. DOI: 10.24412/1029-2551-2021-3-014
- Shpanev A.M., Fesenko M.A. Vliyaniye mineral'nogo pitaniya na fitosanitarnuyu obstanovku v posevakh yarovogo rapsa na Severo-Zapade Rossiyskoy Federatsii [Influence of mineral nutrition on the phytosanitary situation in spring rape crops in the North-West of the Russian Federation] // *Agrokimiya*, 2022, no. 8, pp. 44–50. DOI: 10.31857/S0002188122080130
- Bieganski A., Dammer K.-H., Siedliska A., Bzowska-Bakalarz M., Bereś P.K., Dąbrowska-Zielińska K., Pflanz M., Schirrmann M., Garz A. Sensor-based outdoor monitoring of insects in arable crops for their precise control // *Pest management science*. 2021. Vol. 77. Issue 3. pp. 1109–1114. DOI: 10.1002/ps.6098
- Carvalho S.C., Junior P.A.S., Pereira P.S., Sarmiento R.A., Farias E.S., Lima C.H.O., Santos G.R., Picanço M.C. Spatial Distribution of *Frankliniella schultzei* (Thysanoptera: Thripidae) in Open-Field Yellow Melon, With Emphasis on the Role of Surrounding Vegetation as a Source of Initial Infestation // *Journal of Economic Entomology*. 2020. Vol. 113. Issue 6. pp. 2997–3003. DOI: 10.1093/jee/toaa219
- Ferguson A.W., Klukowski Z., Walczak B., Clark S.J., Mugglestone M.A., Perry J.N., Williams I.H. Spatial distribution of pest insects in oilseed rape: implications for integrated pest management // *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 2003. Vol. 95. Issues 2–3. pp. 509–521.
- Moradi-Vajargah M., Golizadeh A., Rafiee-Dastjerdi H., Zalucki M.P., Hassanpour M., Naseri B. Population Density and Spatial Distribution Pattern of *Hypera postica* (Coleoptera: Curculionidae) in Ardabil, Iran // *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*. 2011. Vol. 39(2). pp. 42–48. DOI: 10.15835/nbha3926381
- Naseri B., Fathipour Y., Talebi A.A. Population density and spatial distribution pattern of *Empoasca decipiens* (Hemiptera: Cicadellidae) on different bean species // *Journal of agricultural science and technology (JAST)*. 2009. Vol. 11. pp. 239–248.
- Pereira P.S., Sarmiento R.A., Lima C.H.O., Pinto C.B., Silva G.A., Dos Santos G.R., Picanço M.C. Geostatistical Assessment of *Frankliniella schultzei* (Thysanoptera: Thripidae) Spatial Distribution in Commercial Watermelon Crops // *Journal of Economic Entomology*. 2020. Vol. 113. Issue 1. pp. 489–495. DOI: 10.1093/jee/toz253
- Rahmani H., Fathipour Y., Kamali K. Spatial distribution and seasonal activity of *Panonychus ulmi* (Acari: Tetranychidae) and its predator *Zetzellia mali* (Acari: Stigmaeidae) in apple orchards of Zanjan, Iran // *Journal of agricultural science and technology (JAST)*. 2010. Vol. 12. Issue 2. pp. 156–165.
- Ribeiro G.C.D., Martins I.C.F., Campos L.D., Mello M.N., Mejdalani G. Spatial and Temporal Distribution of Leafhoppers (Hemiptera: Cicadellidae) in a Corn Field // *Neotropical Entomology*. 2021. Vol. 50. pp. 630–642. DOI: 10.1007/s13744-021-00880-4
- Seethalam M., Bapatla K.G., Kumar M., Nisa S., Chandra P., Mathyam P., Sengottaiyan V. Characterization of *Helicoverpa armigera* spatial distribution in pigeonpea crop using geostatistical methods // *Pest management science*. 2021. Vol. 77. Issue 11. pp. 4942–4950. DOI: 10.1002/ps.6536