

17. Kirejtshuk, A.G. A current generic classification of sap beetles (Coleoptera, Nitidulidae)/A.G. Kirejtshuk// Zoosystematica Rossica. – 2008. – 17 (1). – P. 107–122.
18. Larson, D. Key to Saskatchewan species of Nitidulidae (sap beetles) and Kateretidae (shortwinged flower beetles). – 2013. – 30 pp.
19. Leschen, R.A.B. Carpophilus (Coleoptera: Nitidulidae) of New Zealand with notes on Australian species / R.A.B. Leschen & J.W.M. Marris // Landcare Research Contract Report LC0405/153, Lincoln. – 2005. – 40 pp.
20. Reales, N. Morphological and molecular identification of *Carpophilus dimidiatus* (Coleoptera: Nitidulidae) associated with stored walnut in Northwestern Argentina / N. Reales, N. Rocamundi, A.E. Marvaldi, M. del C. Fernández-Górgolas, T. Stadler // Journal of Stored Products Research. – 2018. – V. 76. – P. 37–42.
21. Spornraft, K. Familie: Nitidulidae. In: H. Freude, K.W. Harde & G.A. Lohse (eds.) // Die Kafer Mitteleuropas. – 1967. – V. 7. – P. 20–77.
22. Spornraft K. Nitidulidae, Kateretidae. In: G.A. Lohse & W.H. Lucht // Die Kafer Mitteleuropas, 2, Supplement band mit katalogteil. – 1992. – V. 13. – P. 90–110.
23. Weidner, H. Vorratsschädlinge und Hausungeziefer. / H. Weidner & U. Sellenscho // Bestimmungstabellen für Mitteleuropa, 6. Aufl., G. Fischer, Stuttgart. – 2003. – 320 pp.
24. Wu, Y. The First Complete Mitochondrial Genomes of Two Sibling Species from Nitidulid Beetles Pests / Y. Wu, Y. Lan, L. Xia, M. Cui, W. Sun, Z. Dong, Y. Cao // Insects. – 2020. – V. 11 (1). – 24 pp.
25. Carpophilus (Myothorax) pilosellus (Nitidulidae: Carpophilini) - atlas of sap beetles of Russia [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.zin.ru/animalia/coleoptera/eng/carpilhe.htm> (дата обращения 23.08.2020).
8. Delobel, A. Les Coleopteres des denrees alimentaires antreposees dans les regions chaudes / A. Delobel & M. Tran // Orstom, CTA, Paris, Fauna tropicale. – 1993. – V. 32. – P. 1–425.
9. Dobson, R.M. The species of Carpophilus Stephens associated with stored products/R.M. Dobson// Bulletin of Entomological Research. – 1954. – V. 45. – P. 89–402.
10. Ewing, C. Key to Adventive Sap Beetles (Coleoptera: Nitidulidae) in Hawaii, with Notes on Records and Habits / C. Ewing & A. Cline // The Coleopterists Bulletin. – 2005. – V. 59 (2). – P. 167–183.
11. Gillogly, L.R. Coleoptera: Nitidulidae/L.R. Gillogly// Insects of Micronesia, Bernice B. Bishop Museum (Honolulu). – 1962. – V. 16 (4). – P. 133–188.
12. Hisamatsu, S. Carpophilus hemipterus (Linne) and its allied species (Col. Nitidulidae)/S. Hisamatsu // Entomol. Rev. Japan. – 1963. – V. 15. – P. 59–62.
13. Hui, Z. On the genus Carpiphilus (Coleoptera: Nitidulidae: Carpophilinae) with two newly recorded species from China / Z. Hui & M. Huang // Entomotaxonomia. – 2019. – V. 41 (4). – P. 286–298
14. Jelínek, J. A new species of Carpophilus from Asia related to *C. delkeskampi* (Coleoptera, Nitidulidae)/J. Jelinek// Acta Entomologica Bohemoslovaca. – 1986. – V. 83. – P. 455–464.
15. Jelinek, J. Nitidulidae Catalogue of Palaearctic Coleoptera. Volume 4: Elateroidea, Derodontoidea, Bostrichoidea, Lymexyloidea, Cleroidea and Cucujoidea. /J. Jelinek & P. Audisio//Apollo Books (Löbl, I. and Smetana, A. eds.). – 2007. – P. 466–467.
16. Kirejtshuk, A.G. A new species of the genus Carpophilus (Coleoptera: Nitidulidae: Carpophilinae) from Algeria, and taxonomic notes / A.G. Kirejtshuk & A.V. Kovalev // Caucasian Entomological Bulletin. – 2018. – V. 14. – P. 3–8.
17. Kirejtshuk, A.G. A current generic classification of sap beetles (Coleoptera, Nitidulidae)/A.G. Kirejtshuk// Zoosystematica Rossica. – 2008. – 17 (1). – P. 107–122.
18. Larson, D. Key to Saskatchewan species of Nitidulidae (sap beetles) and Kateretidae (shortwinged flower beetles). – 2013. – 30 pp.
19. Leschen, R.A.B. Carpophilus (Coleoptera: Nitidulidae) of New Zealand with notes on Australian species / R.A.B. Leschen & J.W.M. Marris // Landcare Research Contract Report LC0405/153, Lincoln. – 2005. – 40 pp.
20. Reales, N. Morphological and molecular identification of *Carpophilus dimidiatus* (Coleoptera: Nitidulidae) associated with stored walnut in Northwestern Argentina / N. Reales, N. Rocamundi, A.E. Marvaldi, M. del C. Fernández-Górgolas, T. Stadler // Journal of Stored Products Research. – 2018. – V. 76. – P. 37–42.
21. Spornraft, K. Familie: Nitidulidae. In: H. Freude, K.W. Harde & G.A. Lohse (eds.) // Die Kafer Mitteleuropas. – 1967. – V. 7. – P. 20–77.
22. Spornraft K. Nitidulidae, Kateretidae. In: G.A. Lohse & W.H. Lucht // Die Kafer Mitteleuropas, 2, Supplement band mit katalogteil. – 1992. – V. 13. – P. 90–110.
23. Weidner, H. Vorratsschädlinge und Hausungeziefer. / H. Weidner & U. Sellenscho // Bestimmungstabellen für Mitteleuropa, 6. Aufl., G. Fischer, Stuttgart. – 2003. – 320 pp.
24. Wu, Y. The First Complete Mitochondrial Genomes of Two Sibling Species from Nitidulid Beetles Pests / Y. Wu, Y. Lan, L. Xia, M. Cui, W. Sun, Z. Dong, Y. Cao // Insects. – 2020. – V. 11 (1). – 24 pp.
25. Carpophilus (Myothorax) pilosellus (Nitidulidae: Carpophilini) – atlas of sap beetles of Russia [Elektronnyj resurs]. – URL: <https://www.zin.ru/animalia/coleoptera/eng/carpilhe.htm> (дата обращения 23.08.2020).

LIST OF SOURCES

1. Varshalovich, A.A. Semejstvo Nitidulidae – Blestyanki (s dopolneniyami po Dobsonu) /A.A. Varshalovich// Spravochnik-opredelitel' karantinnnyh i drugih opasnyh vreditel'ev syr'ya, produktov zapasov i posevnogo materiala (v red. YA.B. Mordkovicha i E.A. Sokolov). M.: Kolos, 1999. – S. 154–167.
2. Kirejchuk, A.G. Sem. Nitidulidae – Blestyanki. Opredelitel'naya tablica tribu Carpophilini /A.G. Kirejchuk // Opredelitel' nasekomyh Dal'nego Vostoka SSSR. T. III. ZHestkokrylye, ili ZHuki. CH. 2. – L.: Nauka, 1989. – S. 158–165.
3. Spisok vidov blestyanok (Nitidulidae) fauny Rossii. A.G. Kirejchuk [Elektronnyj resurs]. – URL: https://www.zin.ru/animalia/coleoptera/rus/nitid_ru.htm (data obrashcheniya 25.08.2020)
4. Bai, C. Molecular diagnosis *Carpophilus dimidiatus* (Coleoptera: Nitidulidae) based on species-specific PCR / C. Bai, Y. Cao, Y. Zhou, Y. Wu // Journal of Stored Products Research. – 2017. – V. 74. – P. 87–90.
5. Bena, D. de C. Revisão das espécies do gênero *Carpophilus* Stephens (Coleoptera, Nitidulidae, Carpophilinae) que ocorrem no Brasil. Dissertação (Mestrado em Entomologia e Conservação da Biodiversidade) – Universidade Federal da Grande Dourados. Disponível em. – 2010. – 104 pp.
6. Brown, S. Molecular systematics and colour variation of *Carpophilus* species (Coleoptera: Nitidulidae) of the South Pacific /S. Brawn// (Doctoral dissertation, Lincoln University). – 2009. – 197 pp.
7. Connel, W.A. A key to *Carpophilus* sap beetles associated with stored foods in the Unites States/W.A. Connel// Coop. Plant Pest Rpt. – 1977. – V. 2 (23). – P. 398–404.

Г.В. Волкова, доктор биологических наук
 Е.В. Гладкова, кандидат сельскохозяйственных наук
 О.О. Мирошниченко, аспирант
 Федеральный научный центр биологической защиты растений
 РФ, 350039, Краснодарский край, г. Краснодар, п/о 39
 E-mail: galvol.bpp@yandex.ru

УДК 631; 632; 632.9

DOI:10.30850/vrsn/2021/2/40-45

ВИРУЛЕНТНОСТЬ СЕВЕРОКАВКАЗСКОЙ ПОПУЛЯЦИИ *PUCCINIA GRAMINIS PERS. F. SP. TRITICI**

Цель исследования – мониторинг вирулентности *Puccinia graminis Pers. f. sp. tritici* на Северном Кавказе. Инфекционный материал *P. graminis* собирали с посевов озимой пшеницы, оценивали динамику вирулентности патогена в условиях региона за 2014–2019 годы. Проанализирована вирулентность популяции возбудителя стеблевой ржавчины пшеницы, собранной в Краснодарском, Ставропольском краях, Ростовской области. Высокой эффективностью характеризовались гены *Sr5*, *Sr31*, *Sr38*. На линиях с генами *Sr7b*, *Sr8b*, *Sr9f*, *Sr9g*, *Sr10*, *Sr11*, *Sr12*, *Sr13*, *Sr14*, *Sr21*, *Sr22*, *Sr23*, *Sr26*, *Sr29*, *Sr32*, *Sr33*, *S35*, *Sr37*, *SrDp2*, *SrWLD* наблюдалось варьирование в частотах вирулентности *P. graminis*. Значительные изменения в сторону увеличения встречаемости в северокавказской популяции 2014–2019 годов патогена отмечали в частоте клонов, вирулентных к линиям пшеницы с генами устойчивости *Sr11*, *Sr21*, *Sr22*, *Sr26*, *Sr32*, *Sr33*. Отмечено снижение частоты клонов, вирулентных к *Sr8b*, *Sr9g*, *Sr10*, *Sr12*, *Sr14*, *Sr35*. Примерно на одном уровне остается встречаемость клонов, вирулентных к генам *Sr6*, *Sr7a*, *Sr8a*, *Sr9a*, *Sr9b*, *Sr9d*, *Sr9e*, *Sr13*, *Sr15*, *Sr16*, *Sr17*, *Sr19*, *Sr20*, *Sr24*, *Sr25*, *Sr27*, *Sr30*, *Sr36*, *Sr39*, *Sr40*, *Sr44*, *SrGt*, *SrTmp*. Эффективные гены, показавшие свою устойчивость к *P. graminis* в фазе всходов, предлагаются для использования в селекции новых сортов пшеницы на юге России.

Ключевые слова: стеблевая ржавчина, устойчивость, *Puccinia graminis*, популяция, вирулентность, *Sr*-гены.

G.V. Volkova, Grand PhD in Biological sciences
 E.V. Gladkova, PhD in Agricultural sciences
 O.O. Miroshnichenko, PhD student
 Federal scientific center for biological plant protection
 RF, 350039, Krasnodarskiy kraj, g. Krasnodar, p/o 39
 E-mail: galvol.bpp@yandex.ru

VIRULENCE OF THE NORTH CAUCASIAN POPULATION OF *PUCCINIA GRAMINIS PERS. F. SP. TRITICI*

The aim of the study was to monitor the virulence of *Puccinia graminis Pers. f. sp. tritici* in the North Caucasus. The objectives of the study were to collect *P. graminis* infectious material from sown winter wheat varieties and evaluate the long-term dynamics of the pathogen virulence in the North Caucasus region in 2014–2019. As a result, an analysis of the virulence of the stem rust pathogen population of wheat collected in Krasnodar, Stavropol Territories, and Rostov Region was carried out. 81 mono-empty mushroom isolates were isolated and differentiated. The genes *Sr5*, *Sr31*, *Sr38* were characterized by high efficiency. On the lines with the genes *Sr7b*, *Sr8b*, *Sr9f*, *Sr9g*, *Sr10*, *Sr11*, *Sr12*, *Sr13*, *Sr14*, *Sr21*, *Sr22*, *Sr23*, *Sr26*, *Sr29*, *Sr32*, *Sr33*, *S35*, *Sr37*, *SrDp2*, *SrWLD*, a variation in the virulence frequencies of *P. graminis* was observed. Significant changes (in the direction of increasing occurrence) in the North Caucasian population 2014–2019 the pathogen was noted in the frequency of clones virulent to wheat lines with resistance genes *Sr11*, *Sr21*, *Sr22*, *Sr26*, *Sr32*, *Sr33*. A decrease in the frequency of clones virulent to *Sr8b*, *Sr9g*, *Sr10*, *Sr12*, *Sr14*, *Sr35*. At approximately the same level, the occurrence of clones virulent to the genes *Sr6*, *Sr7a*, *Sr8a*, *Sr9a*, *Sr9b*, *Sr9d*, *Sr9e*, *Sr13*, *Sr15*, *Sr16*, *Sr17*, *Sr19*, *Sr20*, *Sr24*, *Sr25*, *Sr27*, *Sr30*, *Sr36*, *Sr39*, *Sr40*, *Sr44*, *SrGt*, *SrTmp*. Effective genes that have shown their resistance to *P. graminis* in the seedling phase are proposed for use in breeding in southern Russia to create new varieties of wheat.

Key words: stem rust, resistance, *Puccinia graminis*, population, virulence, *Sr*-genes.

Стеблевая или линейная ржавчина (возбудитель – гриб *Puccinia graminis Pers. f. sp. tritici*) относится к вредоносным заболеваниям пшеницы. Возбудитель стеблевой ржавчины пшеницы наиболее опасен на Северном Кавказе [3], ЦЧЗ [2], Поволжье [9, 13], Зауралье [8], Западной Сибири [7, 15, 26], Северном Казахстане. [10]

С 50-х до середины 90-х годов прошлого века вредоносность стеблевой ржавчины была значительно снижена благодаря эффективной генети-

ческой защите. [6, 14, 16] Устойчивость большинства сортов была основана на гене *Sr31*, который взят от ржи *Secale cereale* Petkus. [18, 19] Массовое и многолетнее использование таких сортов привело к потере устойчивости *Sr31* и появлению новой агрессивной расы гриба в Уганде в 1999 году. [23] К настоящему времени раса Ug99 выявлена в Египте, Эфиопии [21], Иране, Кении, Мозамбике, Южной Африке, Судане, Танзании, Уганде, Йемене и Зимбабве [25], Египте [24, 25], Германии [22], Ита-

* Исследования выполнены согласно Государственного задания № 075-00376-19-00 Министерства науки и высшего образования РФ в рамках НИР по теме 0686-2019-0008/ The investigations were carried out according to the State Assignment № 075-00376-19-00 of the Ministry of Education and Science of Russia within the framework of research on the topic 0686-2019-0008.

лии. [17] Появление новой агрессивной расы создало тревожную ситуацию, поскольку ген *Sr31* защищал 80 % сортов и линий пшеницы развивающихся стран, покупающих семенной материал в CIMMYT.

В связи с широким распространением агрессивной расы Ug99 возбудителя стеблевой ржавчины пшеницы, необходим постоянный и повсеместный мониторинг вирулентности патогена. Ее изучение позволяет спрогнозировать внутривидовые изменения и своевременно скорректировать селекционные программы.

Мониторинг вирулентности *P. graminis* на Северном Кавказе мы проводим с 2007 года. [4] Для анализа используем разнообразный инфекционный материал, собранный с высеваемых в регионе сортов пшеницы.

Цель работы – мониторинг вирулентности *Puccinia graminis* Pers. f. sp. *tritici* на Северном Кавказе в 2014–2019 годах.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В работе использована материально-техническая база УНУ «Государственная коллекция энтомоакарифагов и микроорганизмов» (<http://сскр-гф.ру/> реестровый № 585858) и образцы БРК «Государственная коллекция энтомоакарифагов и микроорганизмов» ФГБНУ ВНИИБЗР.

Объектом исследований служил инфекционный материал *P. graminis*, собранный с сортов озимой пшеницы в различных агроклиматических зонах Северного Кавказа в 2014, 2018 и 2019 годах. Погодные условия были благоприятны для развития патогена.

Для изучения популяции стеблевой ржавчины по вирулентности в фазе проростков использовали международный набор из 46 изогенных линий и сортов, содержащих *Sr1*, *Sr5*, *Sr6*, *Sr7a*, *Sr7b*, *Sr8a*, *Sr8b*, *Sr9a*, *Sr9b*, *Sr9d*, *Sr9e*, *Sr9f*, *Sr9g*, *Sr10*, *Sr11*, *Sr12*, *Sr13*, *Sr14*, *Sr15*, *Sr16*, *Sr17*, *Sr19*, *Sr20*, *Sr21*, *Sr22*, *Sr23*, *Sr24*, *Sr25*, *Sr26*, *Sr27*, *Sr29*, *Sr30*, *Sr31*, *Sr32*, *Sr33*, *Sr35*, *Sr36*, *Sr37*, *Sr38*, *Sr39*, *Sr40*, *Sr44*, *SrDp₂*, *SrWLD*, *SrGt*, *SrTmp*. Был выделен и продиференцирован 81 монопустульный изолят гриба. Вирулентность популяции *P. graminis* изучали в теплице весной-осенью при благоприятных для развития патогена условиях – температуре 22...25°C, интенсивности освещения 12...16 тыс. лк (фотопериод 16 ч), относительной влажности воздуха 70 %. [1] Растения выращивали на гидропонике с применением питательного раствора Кнопа. [11] Поражение фиксировали на 12-й день после инокуляции по шкале Стэкмана и Левина. [27] Растения с типом реакции 0, 1, 2 относили к устойчивым, 3, 4, X – к восприимчивым.

Различия между популяциями гриба по частотам аллелей вирулентности оценивали с помощью генетического расстояния Нея [20]:

$$D = -\ln IN$$

$$IN = \sum \sum x_{ij} y_{ij} / \sqrt{\sum \sum x_{ij}^2 \sum \sum y_{ij}^2},$$

где x_{ij} и y_{ij} – частоты i -го аллеля, j -го года в сравниваемых популяциях.

Таблица 1.
Частота изолятов, вирулентных к сортам и линиям международного набора, в северокавказской популяции *Puccinia graminis*

Sr ген	Сорт, линия	Частота по годам, %		
		2014	2018	2019
1	Hope10 x Marquis	7,2	0,0	0,0
5	Thatcher / 10 x Marquis10	0,0	0,0	0,0
6	Kenya 58 x Marquis10	16,6	17,8	16,6
7a	Egyptian10 101 x Marquis	19,1	10,7	16,6
7b		19,1	10,0	50,0
8a	Cs5xRed. Egyptian	38,1	25,0	38,8
8b	C.I. 14196	40,4	17,8	11,1
9a	Mq6xRed Egyptian	2,3	3,6	3,6
9b	Kenya 117 A6 x Marquis	9,5	17,8	5,5
9d	Arnautka	33,3	46,4	44,4
9e	Vernal	7,1	7,1	10,7
9f	Chinese spring	28,5	42,8	50,0
9g	Acme	40,4	0,0	0,0
10	Line F	30,9	3,6	5,5
11	Lee10 x Marquis	2,3	25,0	38,8
12	CS(5) x Tc 3b	9,5	0,0	0,0
13	W 2691 – Khapstein	4,7	0,0	0,0
14	Khapstein10 x Marquis	21,4	0,0	0,0
15	Norka	16,6	10,7	7,1
16		40,4	28,5	33,3
17	Spica	38,1	53,5	61,1
19	Marquis – B	30,9	39,2	55,5
20	Marquis – C	64,2	39,2	55,5
21	Einkorn	14,2	32,1	44,4
22	Marquis4// Stewart 3/T. monococcum	14,2	42,8	61,1
23	Exchange	47,6	10,7	16,6
24	Agent	2,3	0,0	0,0
25	Agatha	4,7	7,1	5,5
26	Eagle	16,6	10,0	77,7
27	WRT 238.5	2,3	14,2	5,5
29	Prelude8 / Marquis// Etoile de Choisy	26,1	60,7	66,6
30	Webster	11,9	3,6	5,5
31	Kronjuwell	0,0	0,0	0,0
32	W 3531	0,0	0,0	88,8
33	RL 5405=Tetra Canthatch/Aegilops squarrosa	0,0	0,0	61,1
35	G 2919	40,4	0,0	0,0
36	Triticum timofeevii	30,9	64,2	66,6
37	W 3563	45,2	10,7	16,6
38		–*	0,0	0,0
39		–	42,8	61,1
40		–	17,8	17,8
44		–	82,1	77,7
Dp2	Arabian P.I. 145720	26,1	60,7	50,0
WLD	Waldron	54,7	21,4	21,4
Gt		–	53,5	61,1
Tmp		–	7,1	11,1
Число		35	28	18
изолятов, шт.				

* – изучение не проводили из-за отсутствия семян.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

При инокуляции в фазе проростков Sr-линий северокавказской популяцией *P. graminis* 2014, 2018 и 2019 годов высокой эффективностью характеризовались гены *Sr5*, *Sr31*, *Sr38* (тип реакции 0, табл. 1). На линиях с генами *Sr1*, *Sr9a*, *Sr12*, *Sr13*, *Sr24*, *Sr25*, *Sr30*, *SrTmp* наблюдали умеренно устойчивый тип реакции – 0; 1; 2 балла; с генами *Sr6*, *Sr7a*, *Sr9b*, *Sr9e*, *Sr14*, *Sr15*, *Sr27*, *Sr40* отмечали умеренно восприимчивый тип реакции – 3 балла. Линии *Sr7b*, *Sr8a*, *Sr8b*, *Sr9d*, *Sr9f*, *Sr9g*, *Sr10*, *Sr11*, *Sr16*, *Sr17*, *Sr19*, *Sr20*, *Sr21*, *Sr22*, *Sr23*, *Sr26*, *Sr29*, *Sr32*, *Sr33*, *Sr35*, *Sr36*, *Sr37*, *Sr39*, *Sr44*, *SrDp2*, *SrWLD*, *SrGt* показали восприимчивую реакцию с типом реакции 4 (X). Следует отметить, что *Sr5* и *Sr31* много лет абсолютно эффективные гены против *P. graminis* для Северокавказского региона. [12]

Изученные изоляты характеризовались авирулентностью к генам *Sr5*, *Sr31*, *Sr38*. Варьирование в частотах вирулентности изолятов *P. graminis* отмечено на линиях с генами *Sr7b*, *Sr8b*, *Sr9f*, *Sr9g*, *Sr10*, *Sr11*, *Sr12*, *Sr13*, *Sr14*, *Sr21*, *Sr22*, *Sr23*, *Sr26*, *Sr29*, *Sr32*, *Sr33*, *Sr35*, *Sr37*, *SrDp2*, *SrWLD*. На одном уровне оставалась частота клонов, вирулентных к *Sr6*, *Sr7a*, *Sr8a*, *Sr9a*, *Sr9b*, *Sr9d*, *Sr9e*, *Sr13*, *Sr15*, *Sr16*, *Sr17*, *Sr19*, *Sr20*, *Sr24*, *Sr25*, *Sr27*, *Sr30*, *Sr36*, *Sr39*, *Sr40*, *Sr44*, *SrGt*, *SrTmp*.

Высокая вариабельность по частоте в северокавказской популяции *P. graminis* в 2014–2019 годах установлена для клонов, вирулентных к линиям пшеницы с генами устойчивости *Sr11* (2,3...38,8 %), *Sr21* (14,2...44,4), *Sr22* (14,2...61,1), *Sr26* (16,6...77,7), *Sr29* (26,1...66,6), *Sr32* (0,0...88,8), *Sr33* (0,0...61,1 %) (рис. 1). [5]

Наблюдалась динамика снижения частоты вирулентности к линиям с генами *Sr8b* (40,4...11,1 %), *Sr9g* (40,4...0,0), *Sr10* (30,9...5,5), *Sr12* (9,5...0,0), *Sr14* (21,4...0,0), *Sr23* (47,6...16,6), *Sr35* (40,4...0,0), *Sr37* (45,2...16,6), *SrWLD* (54,7...21,4 %) с максимальным снижением вплоть до элиминации клонов патогена, вирулентных для *Sr9g*, *Sr12*, *Sr14* и *Sr35* (рис. 2).

Статистический анализ различий популяций патогена, основанный на сравнении частот изолятов *P. graminis*, вирулентных к сортам и линиям с генами *Sr* (по индексу Нея) показал, что минимальными из полученных были различия между популяциями возбудителя стеблевой ржавчины 2018 и 2019 годов ($N = 0,20$). Более значимые различия установлены между парами популяций 2014–2019 ($N = 0,45$) и 2014–2018 ($N = 0,32$) (табл. 2).

Данные статистического анализа подтверждают существенные изменения в генофонде вирулентности северокавказской популяции *P. graminis* в 2018–2019 годах по сравнению с популяцией 2014 года. Изменения в генофонде вирулентности популяции *P. graminis* f. sp. *tritici* вызваны экологическими факторами, структурой возделываемых сортов хозяина и происходящей соргосменой, защитными мероприятиями (обработка фунгицидами), заносом инфекции с сопредельных территорий.

Выводы. В результате мониторинга вирулентности популяции возбудителя стеблевой ржавчины пшеницы, собранной на Северном Кавказе, суще-

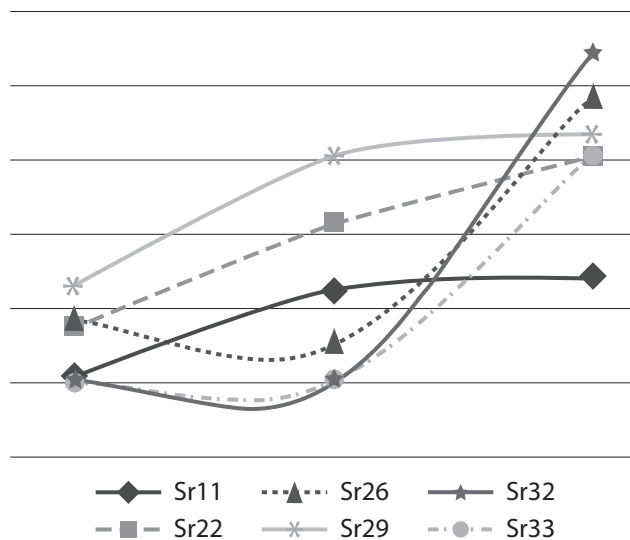


Рис. 1. Динамика частот клонов, вирулентных к линиям с генами *Sr11*, *Sr22*, *Sr26*, *Sr29*, *Sr32*, *Sr33* в северокавказской популяции *Puccinia graminis*.

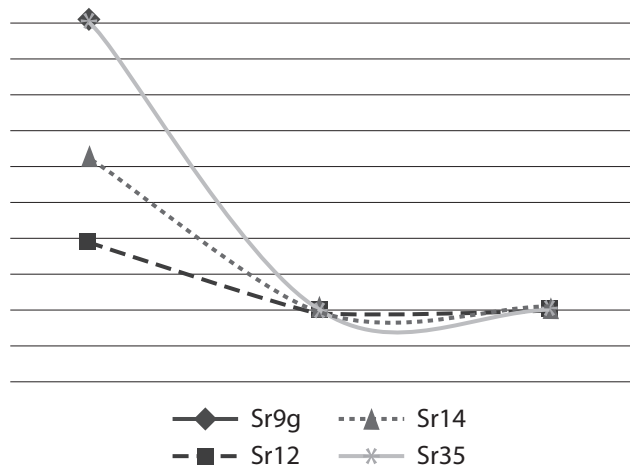


Рис. 2. Динамика частот клонов, вирулентных к линиям с генами *Sr9g*, *Sr12*, *Sr14*, *Sr35* в северокавказской популяции *Puccinia graminis*.

Таблица 2. Уровень различий (индекс Нея) северокавказской популяции *P. graminis* по частоте аллелей вирулентности

Различия по частотам аллелей вирулентности в популяции <i>P. graminis</i> по годам	
пары популяций	индекс Нея
2014–2018	0,32
2014–2019	0,45
2018–2019	0,20

ственных различий в популяциях 2018 и 2019 годов не установлено. Сравнение со структурой популяции *P. graminis* за 2014 год выявило значительные изменения в частоте клонов, вирулентных к генам *Sr9g* (40,4...0,0 %), *Sr11* (2,3...38,8), *Sr12* (9,5...0,0), *Sr14* (21,4...0,0), *Sr22* (14,2...61,1), *Sr26* (16,6...77,8), *Sr32* (0,0...88,8), *Sr33* (0,0...61,1), *Sr35* (40,4...0,0 %). Статистический анализ по индексу Нея подтвердил существенные изменения по вирулентности, которые произошли в популяции возбудителя стеблевой

ржавчины пшеницы на юге России за последние пять лет.

Высокую эффективность в фазе всходов показали гены *Sr5*, *Sr31*, *Sr38*, которые представляют интерес для селекции на устойчивость к стеблевой ржавчине на юге России.

Авторы выражают благодарность кандидату биологических наук О.А. Кудиновой, старшему научному сотруднику лаборатории иммунитета зерновых культур к грибным болезням ФГБНУ ФНЦБЗР за помощь в проведении статистического анализа.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Анпилогова, Л.К. Методы создания искусственных инфекционных фонов и оценки сортообразцов пшеницы на устойчивость к вредоносным болезням (фузариозу колоса, ржавчинам, мучнистой росе): Методические рекомендации / Л.К. Анпилогова, Г.В. Волкова. — Краснодар: РАСХН. ВНИИБЗР, 2000. — С. 28.
2. Баранова, О.А. Идентификация генов *Sr* у новых источников устойчивости мягкой пшеницы к расе стеблевой ржавчины Ug99 с использованием молекулярных маркеров / О.А. Баранова, И.Ф. Лапочкина, А.В. Анисимова и др. // Вавиловский журнал генетики и селекции. — 2015. — Т. 19. — № 3. — С. 316–322. DOI 10.18699/VJ15.041.
3. Волкова, Г.В. Распространение стеблевой ржавчины на Северном Кавказе и иммунологическая характеристика ряда сортов озимой пшеницы к патогену / Г.В. Волкова, О.А. Кудинова, О.О. Мирошниченко // Достижения науки и техники АПК. — 2018. — Т. 32. — № 10. — С. 43–45. DOI: 11.24411/0235-2451-2018-11111.
4. Волкова, Г.В. Стеблевая ржавчина пшеницы на Северном Кавказе: распространённость, внутривидовая структура и изменчивость по вирулентности / Г.В. Волкова, Е.В. Сияняк, И.М. Балапанов // Наука Кубани. — 2010. — № 2. — С. 38–41.
5. Волкова, Г.В. Ретроспективный анализ вирулентности северокавказской популяции возбудителя стеблевой ржавчины пшеницы / Г.В. Волкова, О.О. Мирошниченко, О.В. Таранчева // Труды КубГАУ. — 2019. — № 81. — С. 85–90.
6. Койшыбаев, М. Гермоплазма пшеницы с групповой устойчивостью к болезням с воздушно-капельной инфекцией / М. Койшыбаев, Л.А. Болтыбаева, Г.И. Копирова // Агромеридиан. — 2008. — Т. 3. — № 9. — С. 34–42.
7. Лапочкина, И.Ф. Создание исходного материала яровой мягкой пшеницы для селекции на устойчивость к стеблевой ржавчине (*Puccinia graminis* Pers. f. sp. *tritici*), в том числе и к расе Ug99, в России / И.Ф. Лапочкина, О.А. Баранова, В.П. Шаманин и др. // Вавиловский журнал генетики и селекции. — 2016. — Т. 20. — № 3. — С. 320–328. DOI: 10.18699/VJ16.167.
8. Мальцева, Л.Т. Роль исходного материала в селекции ржавчиноустойчивых сортов мягкой яровой пшеницы в условиях Зауралья / Л.Т. Мальцева, Е.А. Филиппова, Н.Ю. Банникова, В.А. Бердюгин // Зерновое хозяйство России. — 2018. — Т. 59. — № 5. — С. 67–72. DOI 10.31367/2079-8725-2018-59-5-67-72.
9. Маркелова, Т.С. Фитосанитарная ситуация в агроценозе злаковых культур Поволжья / Т.С. Маркелова // Защита и карантин растений. — 2015. — № 5. — С. 22–23.
10. Плахотник, В.В. Стеблевая ржавчина на Севере Казахстана и устойчивость к ней образцов коллекции яровой пшеницы / В.В. Плахотник. — Киев.: ВНИИЗХ. Тр. Всесоюз. совещ. по иммунитету растений, 1969. — № 3. — С. 72–75.
11. Рсалиев, А.С. Основные подходы и достижения в изучении расового состава стеблевой ржавчины пшеницы / А.С. Рсалиев, Ш.С. Рсалиев // Вавиловский журнал генетики и селекции. — 2018. — Т. 22. — № 8. — С. 967–977. DOI 10.18699/VJ18.439.
12. Сияняк, Е.В. Характеристика популяции *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* по вирулентности в Северокавказском регионе России / Е.В. Сияняк, Г.В. Волкова, В.Д. Надыкта // Доклады РАСХН. — 2013. — № 6. — С. 27–30.
13. Сибикеев, С.Н. Вероятная угроза распространения расы Ug99 *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* пшеницы на Юго-Востоке России / С.Н. Сибикеев, Т.С. Маркелова, Э.А. Баукенова и др. // Российская сельскохозяйственная наука. — 2016. — № 1. — С. 18–20.
14. Смирнова, Л.А. Усовершенствованный метод выращивания всходов зерновых культур для иммунологических исследований / Л.А. Смирнова, Т.П. Алексеева // Селекция и семеноводство. — 1988. — № 4. — С. 25–27.
15. Шаманин, В.П. Селекционно-генетическая оценка популяций яровой мягкой пшеницы Сибирского питомника челночной селекции СИММИТ / В.П. Шаманин, А.И. Моргунов, Я.И. Манес др. // Вавиловский журнал генетики и селекции. — 2012. — Т. 16. — № 1. — С. 21–32.
16. Bernardo, A.N. Validation of molecular markers for new stem rust resistance genes in U.S. Hard winter wheat / A.N. Bernardo, R.L. Bowden, M.N. Rouse et al. // Crop Sci. — 2013. — Т. 53. — P. 755–764. DOI:10.2135/cropsci2012.07.0446.
17. Bhattacharya, S. Deadly new wheat disease threatens Europe's crops / S. Bhattacharya // Nature. — 2017. — Т. 542. — P. 145–146. DOI 10.1038/nature.2017.21424.
18. McIntosh, R.A. Wheat rusts: An atlas of resistance genes / R.A. McIntosh, C.R. Wellings, R.F. Park // Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, Clayton, South Victoria, Australia. — 1995.
19. McIntosh, R.A. Catalogue of gene symbols for wheat / R.A. McIntosh, Y. Yamazaki, K.M. Devos et al. — 2007. — Supplement. KOMUGI Integrated Wheat Science Database. — Available online at <http://www.shigen.nig.ac.jp/wheat/komugi/genes/symbolClassList.jsp>.
20. Nei, Masatoshi Estimation of average heterozygosity and genetic distance from a small number of individuals / Masatoshi Nei // Genetics. — 1978. — Т. 89. — № 3. — P. 583–590.
21. Olivera, P. Phenotypic and genotypic characterization of race TKTTF of *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* that caused a wheat stem rust epidemic in southern Ethiopia in 2013–14 / P. Olivera, M. Newcomb, L.J. Szabo et al. // Phytopathology. — 2015. — Т. 105. — P. 917–928. DOI 10.1094/PHYTO-11-14-0302-FI.
22. Olivera, P. Characterization of *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* isolates derived from an unusual wheat stem rust outbreak in Germany in 2013 / P. Olivera, M. Newcomb, K. Flath et al. // Plant Pathol. — 2017. — Т. 66. — P. 1258–1266. DOI 10.1111/ppa.12674.
23. Patpour, M. First report of the Ug99 race group of wheat stem rust, *Puccinia graminis* f. sp. *tritici*, in Egypt in 2014 / M. Patpour, M.S. Hovmøller, A.A. Shahin et al. // Plant Dis. — 2016. — Т. 100. — № 4. — P. 863. DOI 10.1094/PDIS-08-15-0938-PDN.

24. Pretorius, Z.A. Detection of virulence to wheat stem rust resistance gene *Sr31* in *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* in Uganda / Z.A. Pretorius, R.P. Singh, W.W. Wagoire, T.S. Payne // Plant Disease. — 2000. — Т. 84. — P. 203.
 25. Singh, R.P. Emergence and spread of new races of wheat stem rust fungus: Continued threat to food security and prospects of genetic control / R.P. Singh, D.P. Hodson, Y. Jin et al. // Phytopathology. — 2015. — Т. 10. — P. 872–884. DOI 10.1094/PHYTO-01-15-0030-FI.
 26. Skolotneva, E.S. The wheat stem rust pathogen in the central region of the Russian Federation / E.S. Skolotneva, S.N. Lekomtseva, E. Kosman // Plant Pathol. — 2013. — Т. 62. — P. 1003–1010. DOI 10.1111/ppa.12019.
 27. Stakman, E.C. Identification of physiologic races of *Puccinia graminis* var. *tritici* / E.C. Stakman, D.M. Stewart, W.Q. Loegering // U.S., Agric. Res. Serv., ARS. — 1962. — P. 1–53.
- LIST OF SOURCES**
1. Anpilogova, L.K. Metody sozdaniya iskusstvennykh infekcionnykh fonov i ocenki sortoobrazcov pshenicy na ustojchivost' k vredonosnym bolezniam (fuzariozu kolosa, rzhavchinam, muchnistoj rose): Metodicheskie rekomendacii / L.K. Anpilogova, G.V. Volkova. — Krasnodar: RASKHN. VNIIBZR, 2000. — S. 28.
 2. Baranova, O.A. Identifikaciya genov Sr u novyh istochnikov ustojchivosti myagkoj pshenicy k rase stebel'noj rzhavchiny Ug99 s ispol'zovaniem molekulyarnykh markerov / O.A. Baranova, I.F. Lapochkina, A.V. Anisimova i dr. // Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii. — 2015. — Т. 19. — № 3. — S. 316–322. DOI 10.18699/VJ15.041.
 3. Volkova, G.V. Rasprostranenie stebel'noj rzhavchiny na Severnom Kavkaze i immunologicheskaya charakteristika ryada sortov ozimoy pshenicy k patogenu / G.V. Volkova, O.A. Kudinova, O.O. Miroshnichenko // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. — 2018. — Т. 32. — № 10. — S. 43–45. DOI: 11.24411/0235-2451-2018-11111.
 4. Volkova, G.V. Steblevaya rzhavchina pshenicy na Severnom Kavkaze: rasprostranennost', vnutripopulyacionnaya struktura i izmenchivost' po virulentnosti / G.V. Volkova, E.V. Sinyak, I.M. Balapanov // Nauka Kubani. — 2010. — № 2. — S. 38–41.
 5. Volkova, G.V. Retrospektivnyj analiz virulentnosti severokavkazskoj populyacii vzbuditelya stebel'noj rzhavchiny pshenicy / G.V. Volkova, O.O. Miroshnichenko, O.V. Tarancheva // Trudy KubGAU. — 2019. — № 81. — S. 85–90.
 6. Kojshybaev, M. Germoplazma pshenicy s gruppovoj ustojchivost'yu k bolezniam s vozdušno-kapel'noj infekciej / M. Kojshybaev, L.A. Boltybaeva, G.I. Kopyrova // Agromeridian. — 2008. — Т. 3. — № 9. — S. 34–42.
 7. Lapochkina, I.F. Sozdanie iskhodnogo materiala yarovoj myagkoj pshenicy dlya selekcii na ustojchivost' k stebel'noj rzhavchine (*Puccinia graminis* Pers. f. sp. *tritici*), v tom chisle i k rase Ug99, v Rossii / I.F. Lapochkina, O.A. Baranova, V.P. Shamanin i dr. // Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii. — 2016. — Т. 20. — № 3. — S. 320–328. DOI: 10.18699/VJ16.167.
 8. Mal'ceva, L.T. Rol' iskhodnogo materiala v selekcii rzhavchinoustojchivykh sortov myagkoj yarovoj pshenicy v usloviyah Zaural'ya / L.T. Mal'ceva, E.A. Filippova, N.Yu. Bannikova, V.A. Berdyugin // Zernovoe hozjajstvo Rossii. — 2018. — Т. 59. — № 5. — S. 67–72. DOI 10.31367/2079-8725-2018-59-5-67-72.
 9. Markelova, T.S. Fitosanitarnaya situaciya v agrocenoze zlakovykh kul'tur Povolzh'ya / T.S. Markelova // Zashchita i karantin rastenij. — 2015. — № 5. — S. 22–23.
 10. Plahotnik, V.V. Steblevaya rzhavchina na Severe Kazhstana i ustojchivost' k nej obrazcov kollekcii yarovoj pshenicy / V.V. Plahotnik. — Kiev.: VNIIZKH.Tr. Vsesoyuz. soveshch. po immunitetu rastenij, 1969. — № 3. — S. 72–75.
 11. Rsaliev, A.S. Osnovnye podhody i dostizheniya v izuchenii rasovogo sostava stebel'noj rzhavchiny pshenicy / A.S. Rsaliev, Sh.S. Rsaliev // Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii. — 2018. — Т. 22. — № 8. — S. 967–977. DOI 10.18699/VJ18.439.
 12. Sinyak, E.V. Charakteristika populyacii *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* po virulentnosti v Severo-Kavkazskom regione Rossii / E.V. Sinyak, G.V. Volkova, V.D. Nadykta // Doklady RASKHN. — 2013. — № 6. — S. 27–30.
 13. Sibikeev, S.N. Veroyatnaya ugroza rasprostraneniya rasy Ug99 *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* pshenicy na Yugo-Vostoke Rossii / S.N. Sibikeev, T.S. Markelova, E.A. Baukenova i dr. // Rossijskaya sel'skohozyajstvennaya nauka. — 2016. — № 1. — S. 18–20.
 14. Smirnova, L.A. Uovershenstvovannyj metod vyrashchivaniya vskhodov zernovykh kul'tur dlya immunologicheskikh issledovanij / L.A. Smirnova, T.P. Alekseeva // Selekcija i semenovodstvo. — 1988. — № 4. — S. 25–27.
 15. Shamanin, V.P. Selekcionno-geneticheskaya ocenka populyacii yarovoj myagkoj pshenicy Sibirskogo pitomnika chelnochnoj selekcii SIMMIT / V.P. Shamanin, A.I. Morgunov, Ya.I. Manes dr. // Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii. — 2012. — Т. 16. — № 1. — S. 21–32.
 16. Bernardo, A.N. Validation of molecular markers for new stem rust resistance genes in U.S. Hard winter wheat / A.N. Bernardo, R.L. Bowden, M.N. Rouse et al. // Crop Sci. — 2013. — Т. 53. — P. 755–764. DOI:10.2135/cropsci2012.07.0446.
 17. Bhattacharya, S. Deadly new wheat disease threatens Europe's crops / S. Bhattacharya // Nature. — 2017. — Т. 542. — P. 145–146. DOI 10.1038/nature.2017.21424.
 18. McIntosh, R.A. Wheat rusts: An atlas of resistance genes / R.A. McIntosh, C.R. Wellings, R.F. Park // Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, Clayton, South Victoria, Australia. — 1995.
 19. McIntosh, R.A. Catalogue of gene symbols for wheat / R.A. McIntosh, Y. Yamazaki, K.M. Devos et al. — 2007. — Supplement. KOMUGI Integrated Wheat Science Database. — Available online at <http://www.shigen.nig.ac.jp/wheat/komugi/genes/symbolClassList.jsp>.
 20. Nei, Masatoshi Estimation of average heterozygosity and genetic distance from a small number of individuals / Masatoshi Nei // Genetics. — 1978. — Т. 89. — № 3. — P. 583–590.
 21. Olivera, P. Phenotypic and genotypic characterization of race TKTTF of *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* that caused a wheat stem rust epidemic in southern Ethiopia in 2013–14 / P. Olivera, M. Newcomb, L.J. Szabo et al. // Phytopathology. — 2015. — Т. 105. — P. 917–928. DOI 10.1094/PHYTO-11-14-0302-FI.
 22. Olivera, P. Characterization of *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* isolates derived from an unusual wheat stem rust outbreak in Germany in 2013 / P. Olivera, M. Newcomb, K. Flath et al. // Plant Pathol. — 2017. — Т. 66. — P. 1258–1266. DOI 10.1111/ppa.12674.
 23. Patpour, M. First report of the Ug99 race group of wheat stem rust, *Puccinia graminis* f. sp. *tritici*, in Egypt in 2014 /

Д.А. Иванов, доктор сельскохозяйственных наук
 О.В. Карасёва, кандидат сельскохозяйственных наук
 М.В. Рублюк, кандидат сельскохозяйственных наук
 О.Н. Анциферова, кандидат сельскохозяйственных наук
 ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева»
 РФ, 119017, г. Москва, Пыжевский пер., 7, стр. 2
 E-mail: 2016vniimz-noo@list.ru

УДК 631.5:631.6:911.2

DOI:10.30850/vrsn/2021/2/46-50

ИЗУЧЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В АГРОЛАНДШАФТЕ НА ПРИМЕРЕ МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ

В работе показаны результаты исследования особенностей временной динамики продуктивности многолетнего пятикомпонентного травостоя в различных частях агроландшафта конечного-моренной гряды. Работу выполняли на агроэкологическом полигоне ВНИИМЗ – филиала ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт имени В.В. Докучаева» в 2003–2013 годах. Наблюдения за динамикой урожайности трав осуществляли на трансекте – физико-географическом профиле, пересекающем основные ландшафтные позиции моренного холма, в регулярно расположенных 120 точках. Результаты мониторинга урожайности обрабатывали методами описательной статистики, дисперсионным, кластерным и корреляционным анализом. Для интерпретации результатов наблюдений использовали параметры агроклиматических обстановок за вегетационные периоды. Наиболее удобные для изучения динамики урожайности – данные, производные от ее балльных значений, которые лишены «выбросов» и близки к нормальному закону распределения. Достаточно информативный метод выявления на местности территорий с однотипной динамикой урожайности – кластерный анализ, его результаты можно представить в виде совокупностей точек на карте или профиле. Исследование взаиморасположения точек пространства, относящихся к различным кластерам, показало, что они располагаются в виде ассоциаций, тяготеющих к определенным агромикрорландшафтам – элементам мезорельефа. Первичный статистический анализ параметров кластеров, а также построение гистограмм их распределений позволяет разделять на группы, детерминированные ландшафтными особенностями. Корреляционный анализ дает возможность определить факторы, формирующие характер динамики урожайности культуры в пределах конкретного кластера. Выявлено, что эти факторы зависят от микрорландшафтных особенностей агрогеосистемы. На основе информации о характере временной динамики урожайности культуры в различных частях агроландшафта можно прогнозировать ее продуктивность и адаптировать пакеты мероприятий по оптимизации использования конкретного поля в сельскохозяйственной практике.

Ключевые слова: временная динамика урожайности, продуктивность травостоя, агроландшафт, статистический анализ, агроэкологически-однотипные территории.

D.A. Ivanov, *Grand PhD in Agricultural sciences*
 O.V. Karaseva, *PhD in Agricultural sciences*
 M.V. Rublyuk, *PhD in Agricultural sciences*
 O.N. Antsiferova, *PhD in Agricultural sciences*
 FRC V.V. Dokuchaev Soil Science Institute
 RF, 119017, g. Moskva, Pyzhevskij per., 7, str. 2
 E-mail: 2016vniimz-noo@list.ru

STUDY OF DYNAMIC PROCESSES IN THE AGRICULTURAL LANDSCAPE USING A PERENNIAL GRASSES EXAMPLE

The paper shows the results of studying the characteristics of the temporal dynamics of productivity of a perennial five-component grass stand in various parts of the agrolandscape of the finite moraine ridge. The studies were carried out at the agroecological training ground of the All-Russian Research Institute of Reclaimed Lands – Branch of the Federal Research Centre V.V. Dokuchaev Soil Science Institute in 2003–2013. Observations of the dynamics of grass yields were carried out on the transect – a physico-geographical profile that intersects the main landscape positions of the moraine hill, at 120 points regularly located. Yield monitoring results were processed using descriptive statistics methods, as well as variance, cluster and correlation analysis. To interpret the results of observations, we used the parameters of agroclimatic conditions for the growing periods of the research years. Studies have shown that the most convenient for studying the dynamics of crop yields are data derived from its point values, since they are devoid of «emissions» and are closest to the normal distribution law. A fairly informative method for identifying areas with the same yield dynamics on the terrain is cluster analysis, the results of which can be represented as sets of points on a map or profile. A study of the relative positions of space points belonging to different clusters showed that they are located in the form of associations gravitating to certain agromicrolandscapes – mesorelief elements. The initial statistical analysis of cluster parameters, as well as the construction of histograms of their distributions, makes it possible to divide them into groups determined by landscape features. Correlation analysis makes it possible to determine the factors that shape the nature of the dynamics of crop yields within a particular cluster. It was revealed that these factors largely depend on the microlandscape features of the agrogeosystem. Based on information on the nature of the temporal dynamics of crop yields in various parts of the agrolandscape, one can predict its productivity and adapt packages of measures to optimize the use of a specific field in agricultural practice.

Key words: Temporal dynamics of productivity, grass stand productivity, agrolandscape, statistical analysis, agroecological-homogeneous territories.

Агрогеосистемы (АГС) – сельскохозяйственно-преобразованные геокомплексы, характеризующиеся высокой динамичностью протекающих в них процессов не только с привлечением антропогенной энергии, но и вследствие флуктуаций агроклиматической и социальной обстановки. Временная динамика присуща всем компонентам АГС, однако наиболее сильно проявляется в растительном ярусе. [4] Знание характеристик пространственной и временной изменчивости урожайности культур позволяет прогнозировать продуктивность агроландшафтов, а также корректно планировать сроки и особенности проведения агротехнологических мероприятий в их различных частях – это основной атрибут адаптивно-ландшафтного земледелия. [1]

Мониторинг продуктивности растений показал, что можно выделить определенные пространственные локусы – агроэкологически-однотипные территории (АОТ), название которым впервые дал А.А. Жученко. [3] В нашей трактовке это пространства с однотипными проявлениями адаптивных реакций совокупности растений одного вида на изменения природной обстановки. [5]

Мы выделили несколько типов АОТ, наименее изученных – динамически-гомогенных (ДГ) АОТ, в их пределах временная динамика вариабельности урожая или другого показателя состояния совокупности растений однотипна. Границы ареалов устойчивы во времени, так как отображают многолетнюю динамику показателей жизнедеятельности растений. Особенности этих АОТ отражают закономерности пространственно-временного изменения состояния растений. Их учет важен для разработки прогнозов урожайности и состояния посевов. [5]

Цель работы – выявление наиболее оптимального способа выделения в агроландшафте ареалов динамически-гомогенных АОТ и изучение их особенностей.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

За урожайностью многолетних трав наблюдали в пределах конечно-моренной гряды. [2] Долговременный мониторинг урожайности сена пятикомпонентного (люцерна синегибридная, райграс пастбищный, клевер красный, тимофеевка луговая и овсяница луговая) злакобобового травостоя выполняли в 2003–2013 годах на агроэкологическом полигоне ВНИИМЗ – филиала ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт имени В.В. Докучаева», расположенном в пределах конечно-моренной гряды в 4-х км к востоку от г. Тверь, с относительной высотой 12 м, состоящей из плоской вершины, северного пологого склона (крутизна 2...3°), южных склонов (3...5°) и межхолмных депрессий (северной и южной). Почвообразующие породы на территории стационара – двучленные отложения. В южной части пахотные горизонты почв имеют песчаный и супесчаный гранулометрический состав, мощность легкого наноса местами превышает 1,5 м. На вершине и северном склоне холма – супесь и легкий суглинок, мощность легкого кроющего наноса до 1 м, а местами в межхолмной депрессии морена выходит на поверхность. Почвенный покров представлен контрастной мозаикой – вариацией дер-

ново-подзолистых глееватых и глеевых почв, развивающихся на двучленных отложениях различной мощности – он состоит из чередования пятен различного гранулометрического состава и геологического строения дерново-подзолистых почв разной степени гидроморфизма (профильно-глееватые и профильно-глеевые).

Исследования проводили на агроэкологической трансекте (физико-географический профиль) – узком поле, пересекающем все микроландшафтные позиции (элементы мезорельефа) конечно-моренной гряды: транзитно-аккумулятивные агро-микроландшафты (АМЛ) нижних частей склонов и межхолмных депрессий, характеризующиеся аккумуляцией элементов питания из намывных и грунтовых вод; транзитные АМЛ, расположенные в центральных частях склонов, в которых господствует латеральный ток влаги; элювиально-транзитные местоположения верхних частей склонов, где наряду с латеральным током влаги присутствует ее вертикальное перемещение по почвенному профилю; элювиально-аккумулятивный ландшафт вершины, в пределах которого происходит вертикальное промывание почвенного профиля и локальная аккумуляция влаги в микропонижениях (блюдца). Выделено 9 элементов мезорельефа – АМЛ: 1. Транзитно-аккумулятивный южного склона (Т-Аю); 2. Транзитный южного склона (Тю); 3. Элювиально-транзитный южного склона (Э-Тю); 4. Элювиально-аккумулятивный вершины (Э-А); 5. Элювиально-транзитный северного склона (Э-Тс); 6. Транзитный северного склона (Тс); 7. Транзитно-аккумулятивный северного склона (Т-Ас); 8. Транзитный южного склона 2 – на севере стационара (Тю2); 9. Элювиально-транзитный южного склона 2 – на севере стационара (Э-Тю 2).

Границы элементов мезорельефа проходят по «бровкам» – участкам склонов, где заметно меняется их крутизна, а в некоторых случаях и экспозиция (ориентация по сторонам горизонта). Границы почвенных комбинаций, как правило, не совпадают с рубежами АМЛ, так как определяются изменениями геологического строения почвообразующих пород. Мы изучали влияние особенностей мезорельефа на характер ДГ АОТ (почвенный покров будет описан позднее).

Выводное поле располагалось вдоль трансекты на полосе шириной 7,2 м, длиной – 1300 м. Травостой эксплуатировался в одноукосном режиме без внесения удобрений. Точки опробования, в которых определяли массу сена, равномерно распределены вдоль трансекты на расстоянии 10 м друг от друга.

Результаты мониторинга урожайности обрабатывали методами описательной статистики, а также дисперсионным, кластерным и корреляционным анализами на основе пакетов EXEL и STATISTICA 7. Для интерпретации результатов наблюдений использовали параметры агроклиматических обстановок за вегетационные периоды (май и июнь в год укоса; июль-сентябрь предыдущего года), заимствованные из базы данных Тверской метеостанции. В работе учитывали агроклиматические показатели: 1) $\sum_{t>10}^{\circ}$; 2) Сумма осадков, мм; 3) ГТК по Селянинову.

Для выбора наиболее информативного способа изучения свойств ДГ АОТ данные по продуктивности травостоя за каждый год представлены по 120 точкам опробования в трех видах: 1) Конкретная урожайность сена, ц/га; 2) Оценка урожайности по каждому году в баллах (1 балл – максимальная продуктивность, 120 – минимальная); 3) Отклонения конкретных баллов от среднемноголетней балльной оценки («А»).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Переход от значений конкретной урожайности сена к отклонениям от ее средней балльной оценки позволяет элиминировать случайные выбросы в массиве данных и устранить влияние на него дополнительных факторов (рис. 1, 2-я стр. обл.).

Среднемноголетние конкретные показатели урожайности сена в пределах трансекты колеблются от 40 до 88 ц/га. Средняя урожайность за годы исследований составила 60 ц/га, а медианная – 58,4 ц/га. Распределение частот характеризуется значительной левосторонней асимметрией (0,73), что свидетельствует о преобладании малых значений урожайности. В пределах трансекты наблюдается неизменность линейного тренда урожайности и выраженный ее полиномиальный тренд, максимумы которого приходятся на транзитные АМЛ, а минимумы – вершину холма и транзитно-аккумулятивный АМЛ северного склона. Следовательно, энергичный водообмен в центральных частях склонов способствует увеличению продуктивности трав, тогда как медленные аккумулятивные и элювиальные процессы на плоских поверхностях приводят к ее понижению.

Оценка продуктивности свободна от влияния агроклиматических условий, так как рассчитывается по каждой точке для каждого года в отдельности. Среднемноголетние значения варьируют от 32,2 до 89,7 балла (среднее – 60,3, медианное – 60,0). В распределении частот асимметричность практически отсутствует (-0,02), что говорит о его нормальности. В пределах трансекты наблюдается выраженный линейный тренд повышения оценок урожайности при движении с юга на север. Это означает, что на юге стационара, в зоне преобладания относительно легких почв, наблюдаются наиболее комфортные условия для произрастания пятикомпонентной травосмеси. Полиномиальный тренд изменения балльных оценок принципиально не отличается от вышеописанного.

Вычисление в каждой точке отклонений годовых балльных значений от их среднемноголетнего показателя (принимаяют положительные и отрицательные значения, обозначаются литерой «А») позволяет элиминировать и случайные выбросы, уменьшить воздействие гранулометрического состава почв на характер массива данных. Среднемноголетние значения колеблются в диапазоне от -6,5Е -15 до 6,5Е -15. Среднее значение «А» составляет -1,5Е -16, медиана – 0, а асимметрия распределения -0,09, что говорит о нормальности распределения показателя. Средние отклонения баллов во многом лишены недостатков двух предыдущих подходов, что позволяет нам в дальнейшем

использовать именно эти значения при изучении динамических процессов в агроландшафте.

Особенности пространственного расположения ДГ АОТ определяли с помощью кластерного анализа параметра «А», изменяющегося в каждой точке опробования в течение 11 лет. Рабочая гипотеза исследований предполагала, что расположение в пределах агроландшафта отдельных кластеров должно в значительной степени определяться особенностями его микроландшафтного строения. Исходя из этого находили 9 кластеров, пространственное распределение которых в пределах трансекты показано на рис. 2, 2-я стр. обл., где точки пространства, относящиеся к разным кластерам, не сосредоточены в строго определенных местах. Они образуют некоторые ассоциации – большинство кластеров состоят из «основной» части, в которой точки расположены близко друг к другу, и «периферийной» с диффузией точек кластера по другим частям АГС. Хотя кластеры и взаимопроникают друг в друга, их расположение в пределах геокомплекса не хаотично. На верхних гипсометрических отметках холма находятся кластеры № 3 и 5, на северном склоне преобладают точки кластера № 7, в транзите южного – № 4 и 6 и т. д. Следует отметить, что границы кластеров не всегда совпадают с рубежами АМЛ: во-первых, «бровки» рельефа, как правило, не четко выражены на местности и не достаточно точно маркируют смену геохимических обстановок (характер и интенсивность перераспределения влаги и питательных веществ) в пределах конкретной территории; во-вторых, на характере растительных ассоциаций существенно сказывается пестрота почвенного покрова стационара; в-третьих, в работе не учтен характер микрорельефа дневной поверхности, вследствие недостаточно крупного масштаба топосъемки, который во многом определяет микропестроту свойств травостоя; в-четвертых, особенности кластеров во многом зависят от характера внутриценотических связей, сложившихся в пределах старого травостоя, посеянного в 1997 году.

Дальнейший статистический анализ выявил закономерности о влиянии особенностей микроландшафтного строения геосистемы на расположение и характер ДГ АОТ (табл. 1).

Следует отметить, что средние значения показателей «А» во всех кластерах практически равны 0, однако анализ медианных значений их распределений позволяет разделить все кластеры на 2 группы: 1) №№ 1, 4 и 6 повышенными значениями урожайности. Сравнение номеров медианных точек опробования и асимметрии их распределений показывает, что они находятся в пределах южного (песчаного) склона холма; 2) Остальные кластеры отличаются пониженной урожайностью и сосредоточены по другим частям геокомплекса.

Сопоставляя гистограммы распределений частот значений «А», рассчитанных для каждого кластера, выделили из их совокупности кластеры 1 и 2 трехинтервальными гистограммами, у остальных кластеров они двухинтервальные. Объяснить это можно энергичным внедрением аборигенных видов в травостой, трансформирующим характер его адаптивных реакций на изменчивость агроклиматической обстановки, так как эти кластеры располагаются

Таблица 1.
Характеристики кластеров отклонений годовых балльных значений урожайности травостоя от среднеголетних показателей («А»)

№ кластера	Параметры распределений показателей «А»			Пространственные параметры кластеров	
	Среднее	Медиана отклонений	Асимметрия отклонений	Медианная точка опробования	Асимметрия точек
1	1,29E-15	-3,5	-0,11031	11	1,924668
2	0	2,188811	-1,57027	110	-1,24732
3	-6,1E-15	11,30303	-0,82396	46	-0,15044
4	-2,7E-15	-5,58042	0,514775	25	3,176071
5	0	10,23636	-0,51157	49	-0,06796
6	7,27E-16	-6,78322	0,235662	24	0,538838
7	-3,2E-15	2,133333	0,041115	80	0,127343
8	0	3,397727	-0,22817	92	-0,27994
9	0	3,328671	-0,56457	103	-3,27737

Таблица 2.
Влияние агроклиматических условий на продуктивность травостоя в пределах отдельных кластеров

Показатель, месяц	№ кластера*									
	1	6	4	3	5	7	8	9	2	
Σt>10o	Май	-0,08	0,15	0,30	0,50	0,06	-0,41	-0,57	-0,33	0,23
	Июнь	-0,04	-0,11	0,61	0,42	0,06	-0,66	-0,31	-0,08	0,18
	Июль	-0,09	0,29	0,43	0,47	0,49	-0,43	-0,23	-0,83	-0,16
	Август	-0,26	-0,31	0,31	-0,22	0,38	0,27	0,31	-0,44	-0,06
	Сентябрь	-0,06	-0,00	0,24	0,23	0,08	-0,24	-0,34	-0,35	0,49
	Среднее	-0,13	0,44	0,23	0,51	0,29	-0,62	-0,42	-0,56	0,23
ГТК	Май	-0,27	0,16	-0,18	0,05	0,39	0,01	0,04	-0,50	0,23
	Июнь	-0,58	-0,52	-0,14	0,18	-0,24	0,24	0,37	0,36	0,04
	Июль	-0,26	0,37	-0,33	-0,15	-0,03	0,27	-0,21	-0,29	0,55
	Август	0,66	0,16	-0,07	-0,08	-0,35	0,12	-0,06	0,04	-0,14
	Сентябрь	-0,12	0,73	-0,10	-0,21	-0,31	0,24	-0,18	-0,16	0,16
Сумма осадков	Среднее	-0,32	0,28	-0,35	-0,05	-0,15	0,34	0,03	-0,24	0,36
	Май	-0,34	0,16	-0,23	0,16	0,47	0,04	0,02	-0,56	0,14
	Июнь	-0,46	-0,55	0,14	0,16	-0,33	0,04	0,35	0,41	0,10
	Июль	-0,17	0,42	-0,12	-0,13	-0,03	0,09	-0,38	-0,28	0,59
	Август	0,70	-0,05	0,16	-0,11	-0,56	-0,00	0,08	0,26	-0,09
Медианные точки	Сентябрь	0,01	0,81	-0,07	-0,30	-0,33	0,26	-0,24	-0,13	0,04
	Среднее	-0,15	0,28	-0,06	-0,06	-0,31	0,16	-0,08	-0,16	0,44
	Медианные точки	11	24	25	46	49	80	92	103	110

* – кластеры расположены в порядке возрастания значений медианных точек.

в краевых зонах трансекты – первый на юге, второй – на севере. Остальная совокупность кластеров также может быть разделена на две группы: №№ 4, 6-8 отличаются от остальных преобладанием в их гистограммах интервала с повышенной урожайностью; №№ 3, 5 и 9 повышенная частота низких значений урожайности. Так как каждый кластер характеризуется особенностями временной динамики показателя «А», определение степени влияния на него климатических факторов позволит выявить их основные генетические черты (табл. 2).

Кластеры, расположенные на южном (песчаный) склоне холма и на его вершине (№№ 4 и 3) характеризуются снижением продуктивности травостоя при увеличении суммы эффективных температур, кластеры тяготеющие к северному склону (№№ 7 и 8) испытывают недостаток тепла, а травы в кластере № 9 (межхолмная депрессия на севере стационара) страдают от его избытка. Увеличение

перед укосом ГТК и суммы осадков приводит к росту урожайности трав на южном склоне, осенние осадки здесь угнетают травостой (№№ 1 и 6). Кластер № 5, тяготеющий к вершине, характеризуется повышением урожайности при усилении осадков в августе. Травы в межхолмной депрессии на севере стационара (№ 9) положительно отзываются на увеличение майских осадков, а июльские на южном склоне с более тяжелыми почвами (№ 2) снижают продуктивность травостоя.

Кластерный анализ показал, что природные особенности различных элементов мезорельефа в пределах агроландшафта существенно влияют на временную вариабельность урожайности многолетних трав, что дает возможность разрабатывать пространственно-адаптированные мероприятия по оптимизации их продукционного процесса.

Выводы. Исследование динамических процессов в агроландшафте возможно на основе результатов

долговременного мониторинга урожайности культур в пределах трансекты, пересекающей основные структурные части геоконтекста. Наиболее удобные для этого производные от балльных значений урожайности данные, так как они лишены «выбросов» и близки к нормальному закону распределения.

Достаточно информативный метод изучения и выделения на местности динамически-гомогенных агроэкологически-однотипных территорий в пределах агроландшафта – кластерный анализ, результаты которого можно представить в виде совокупностей точек на карте или профиле.

Первичный статистический анализ параметров кластеров, а также построение гистограмм их распределений позволяет разделять на группы, детерминированные как ландшафтными особенностями, так и расположением в пределах поля.

Корреляционный анализ дает возможность определить факторы, формирующие характер динамики урожайности культуры в пределах конкретного кластера. Выявлено, что эти факторы в значительной степени зависят от микроландшафтных особенностей агрогеосистемы.

На основе информации о временной динамике урожайности культуры в различных частях агроландшафта можно прогнозировать ее продуктивность и адаптировать пакеты мероприятий по оптимизации использования конкретного поля в сельскохозяйственной практике.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий. Под редакцией академика РАСХН В.И. Кирюшина, академика РАСХН А.Л. Иванова.

Методическое руководство. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2005. – 784 с.

2. Егорова, Г.С. Многолетние травы как восстановители почвенного плодородия и основа кормопроизводства. / Г.С. Егорова, Л.В. Петрунина // Плодородие. – 2008. – № 6. – С. 38–39.
3. Жученко, А.А. Адаптивное растениеводство: (Эколого-генетические основы) / А.А. Жученко. – Кишинев: Штинича, 1990. – 431 с.
4. Иванов, Д.А. Виды динамики состояния мелиорированных агроландшафтов. / Д.А. Иванов // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2018. – Т. 65. – № 4. – С. 4–18.
5. Иванов, Д.А. Ландшафтно-мелиоративные системы земледелия (прикладная агрогеография). / Д.А. Иванов, Н.Г. Ковалев. – Тверь: Издатель А.Н. Кондратьев, 2017. – 310 с.

LIST OF SOURCES

1. Agroekologicheskaya ocenka zemel', proektirovanie adaptivno-landshaftnyh sistem zemledeliya i agrotekhnologij. Pod redakciej akademika RASKHN V.I. Kiryushina, akademika RASKHN A.L. Ivanova. Metodicheskoe rukovodstvo. – M.: FGNU «Rosinformagrotekh», 2005. – 784 s.
2. Egorova, G.S. Mnogoletnie travy kak vosstanoviteli pochvennogo plodorodiya i osnova kormoproizvodstva. / G.S. Egorova, L.V. Petrunina // Plodorodie. – 2008. – № 6. – S. 38–39.
3. Zhuchenko, A.A. Adaptivnoe rastenievodstvo: (Ekologo-geneticheskie osnovy) / A.A. Zhuchenko. – Kishinev: Shtinica, 1990. – 431 s.
4. Ivanov, D.A. Vidy dinamiki sostoyaniya meliorirovannyh agrolandshaftov. / D.A. Ivanov // Agrarnaya nauka Euro-Severo-Vostoka. – 2018. – T. 65. – № 4. – S. 4–18.
5. Ivanov, D.A. Landshaftno-meliorativnye sistemy zemledeliya (prikladnaya agrogeografiya). / D.A. Ivanov, N.G. Kovalev. – Tver': Izdatel' A.N. Kondrat'ev, 2017. – 310 s.

С.А. Теймуров, кандидат сельскохозяйственных наук
 А.Н. Ярмагомедов, кандидат технических наук
 А.В. Рамазанов, кандидат сельскохозяйственных наук
 Т.Т. Бабаев, кандидат сельскохозяйственных наук
 Федеральный аграрный научный центр Республики Дагестан
 РФ, 367014, Республика Дагестан, г. Махачкала, МКР Научный городок, ул. А. Шахбанова, 30
 E-mail: samteim@rambler.ru

УДК 631.42: 631.45

DOI:10.30850/vrsn/2021/2/51-55

ВЛИЯНИЕ ВИДОВ УДОБРЕНИЙ НА ДИНАМИКУ ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ В ПАХОТНОМ СЛОЕ ЛУГОВО-КАШТАНОВОЙ ПОЧВЫ

В статье представлены результаты полевого опыта по влиянию видов удобрений (сидераты, навоз, солома, минеральные удобрения) на агрохимические свойства почвы в условиях орошения Терско-Сулакской равнины Республики Дагестан. На Опытной станции имени Кирова Хасавюртовского района на общей площади 1505 м² в 2015–2019 годах изучали содержание основных элементов питания в навозе КРС, фитомассе сидеральных культур и динамику видов удобрений на питательные вещества в пахотном слое. После уборки озимой пшеницы в пожнивной период высевали сидеральные культуры (посевной горох, рапс яровой и амарант). Запашку зеленой массы сидератов проводили в начальной фазе бутонизации, соломы озимой пшеницы – 2 т/га, навоза КРС – 30 т/га, минеральных удобрений – N₁₅₀P₇₅K₇₅. Затем применяли влагозарядковый полив 1000–1200 м³/га. Исследования почвы выявили, что на участках опыта, где произрастал горох посевной, нитратного азота за весь период вегетации следующего года содержалось 37,8–54,1 мг/кг, подвижного фосфора под посевами зерновых яровых культур – 33,0–34,84 мг/кг почвы отмечено весной, к осени его количество в пахотном слое почвы постепенно снижалось (23,5–24,9 мг/кг). Количество обменного калия в лугово-каштановой почве (контроль без удобрений) незначительно изменялось. Внесение навоза по своему положительному действию на указанный режим почвы приближается к запашке зелёной массы ярового рапса и амаранта. Наиболее благоприятный режим почвы в условиях орошения складывался при запашке зелёной массы гороха посевного.

Ключевые слова: удобрения, сидераты, вегетация, плодородие, азот, фосфор, калий.

S.A. Teymurov, PhD in Agricultural sciences
 A.N. Yarmagomedov, PhD in Engineering sciences
 A.V. Ramazanov, PhD in Agricultural sciences
 T.T. Babaev, PhD in Agricultural sciences
 Federal agricultural research center of the Republic of Dagestan
 RF, 367014, Respublika Dagestan, g. Mahachkala, MKR Nauchnyj gorodok, ul. A. Shahbanova, 30
 E-mail: samteim@rambler.ru

INFLUENCE OF FERTILIZERS TYPES ON THE NUTRIENTS DYNAMICS IN THE ARABLE LAYER OF A MEADOW CHESTNUT SOIL

The article presents the results of a field experiment on the different fertilizers effect (green manure, manure, straw, mineral fertilizers) on the soil agrochemical properties under the Terek-Sulak plain of the Republic of Dagestan irrigation conditions. At the experimental Kirov station, of the Khasavyurt District on a total area of 1505 m² in 2015–2019 were studied the content of the main nutrients in cattle manure, the phytomass of green manure crops and the dynamics of fertilizers for nutrients in the arable layer. Green manure crops (seed peas, spring rape, and amaranth) were sown during the stubble period after harvesting winter wheat. The plowing under of green manures herbage was carried out in the initial phase of budding, winter wheat straw – 2 t/ha, cattle manure – 30 t/ha, mineral fertilizers – N₁₅₀P₇₅K₇₅. Then water-charging irrigation was used 1000–1200 m³/ha. Soil studies revealed that in the areas of the experiment where the sowing peas grew, nitrate nitrogen for the entire growing season next year contained 37.8–54.1 mg/kg, mobile phosphorus under crops of spring grain crops – 33.0–34.84 mg/kg of soil was noted in spring and to autumn its amount in the topsoil was gradually decreased (23.5–24.9 mg/kg). The exchangeable potassium amount in the meadow chestnut soil (control without fertilizers) was varied slightly. The manure application by its positive effect on the specified soil regime approaches to the spring rape and amaranth green mass plowing under. The most favorable soil regime under irrigated conditions were formed during plowing of the sowing peas green mass.

Key words: fertilizers, green manure, vegetation, fertility, nitrogen, phosphorus, potassium.

За последние 20 лет в большинстве субъектов Российской Федерации плодородие пахотных почв существенно ухудшилось по основным агрохимическим показателям. Формирование урожаев сельскохозяйственных культур в земледелии Дагестана происходит в основном за счет плодородия почвы. В связи с этим необходим поиск источников органического вещества и элементов минерального питания для сельскохозяйственных культур, дополнительных агрохимических ресурсов, которыми

могут быть растительные и послеуборочные остатки, зеленые и органические удобрения. [4, 13] Сбалансированное содержание основных элементов минерального питания растений (NPK – азот, фосфор, калий) гарантирует получение необходимого урожая при строгом соблюдении технологии выращивания сельскохозяйственных культур. Агрохимики зачастую производственный потенциал называют плодородием почв. [12] Интенсификация и максимализация предотвращает или существенно

ослабляет отрицательные последствия применения средств химизации. [3]

Использование зелёного удобрения в севооборотах способствует оптимизации питания растений и получению высоких урожаев качественно рентабельной продукции, сохранению плодородия почвы и экологического статуса агроценозов.

Пожнивные сидеральные культуры оказывают многоплановое и комплексное влияние на агрофизические, агрохимические и биологические показатели различных типов почв. [2, 9] Органическое вещество зелёного удобрения можно рассматривать как создаваемый в почве запасный резерв всех необходимых растениям питательных веществ, которые при заделке переходят в усвояемую форму не сразу, а постепенно, в течение всего вегетационного периода, обеспечивая непрерывный рост. Химический состав органической массы сидератов и соотношение питательных веществ в ней очень близки и подобны аналогичным показателям основных сельскохозяйственных культур, что определяет ее соответствие потребности растений в основных элементах питания. [5-8]

Цель исследований – оценить влияние видов удобрений (сидераты, навоз, солома, минеральные удобрения) на агрохимические свойства почв в пахотном слое 0...25 см.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Опыты проводили в 2015–2019 годах в ФГБУ «Опытная станция имени Кирова» Хасавюртовского района. Почва экспериментального участка – лугово-каштановая тяжелосуглинистая. Агрохимические показатели: содержание гумус – 1,45 %, легкогидролизуемый азот – 3,41 мг, подвижный фосфор – 1,92 мг и обменный калий – 32,1 мг на 100 г почвы. Грунтовые воды на опытном участке залегают глубже 3 м (полугидроморфная почва), реакция почвенного раствора слабощелочная (рН = 7,1). Для возделывания сидеральных и основных яровых зерновых культур агрофизические показатели плодородия опытного участка благоприятны: плотность пахотного слоя – 1,32 г/см³, твердой фазы – 2,50 г/см³, пористость – 47...52 %, наименьшая влагоемкость – 27,1 %.

Изучали семь вариантов: без удобрений (контроль); солома озимой пшеницы; сидерат горох посевной; сидерат рапс яровой; минеральные удобрения N₁₅₀P₇₅K₇₅; навоз 30 т/га; сидерат амарант.

Территория исследуемого участка характеризуется устойчивым умеренно-континентальным климатом с недостаточным увлажнением и большим притоком солнечной энергии, сумма активных температур воздуха (выше 10°C) в Хасавюрте – 3669°C. Среднее количество осадков 482 мм в год, за весенне-летний период – 167...203 мм. Величина испарения с поверхности почвы достигает 800...900 мм, недостаток влаги в почве восполняется орошением. Среднегодовая температура – 10,5...12,8°C. Зимы сравнительно мягкие. Средняя температура января (минус 1,7°C) колеблется от минус 3,1 на севере до 1,1°C на юге, но в отдельные годы опускается в среднем за месяц до минус 10,2°C, а в отдельные дни – минус 20°C, что не сказывается на перезимов-

ке основных озимых культур, возделываемых на равнине Дагестана. Продолжительность вегетационного периода – 232...236 дней, а для теплолюбивых культур – 190...192.

Вегетационный период 2015 года можно характеризовать как сухой (ГТК = 0,31) – выпало 11 мм осадков, что негативно сказалось на всходах, в мае выпало всего 3 мм. Сумма температур за вегетационный период – 863,5°C, относительная влажность воздуха – 70 %.

В 2016 году вегетационный период – засушливый (ГТК = 0,82), сумма температур – 973,3°C. В период вегетации выпало 70 мм осадков, что на 14 мм меньше среднемноголетних значений. Основное поступление влаги из атмосферы наблюдалось в апреле – 41 мм.

Вегетационный период 2017 года оказался очень засушливым (ГТК = 0,60), выпало 89 мм осадков при влажности воздуха 72 %.

Вегетационный период 2018 и 2019 годов можно охарактеризовать как сухой (ГТК = 0,37-0,38), в апреле-мае выпало соответственно 41 и 51 мм осадков, сумма температур – 967,5°C и 955,7°C, влажность воздуха – 71 и 69 %.

Полевые опыты, наблюдения, лабораторные анализы, отбор почвенных и растительных образцов выполняли по общепринятым методикам.

После уборки озимой пшеницы проводили лущение стерни на глубину 6...8 см, вспашку на 20...22 см, выравнивание (МВ-6,0) и два дискования (БДТ-3,0). Семена сидеральных культур: гороха посевного (*Pisum sativum*), рапса ярового (*Brassica napus L.*) и амаранта (*Amaranthus L.*) высевали в поживный период после уборки озимой пшеницы (*Triticum aestivum L.*).

Зелёную массу гороха посевного, рапса ярового и амаранта вносили фазе бутонизации. Солому, оставшуюся после уборки озимой пшеницы, запахивали в количестве 2 т/га. Навоз подстилочный крупного рогатого скота (КРС) – 30 т/га вносили при средней влажности 65,7, содержания общего азота 0,54, фосфора – 0,28, калия – 0,60 %, рН – 8,1, С:N – 19, минеральные удобрения – из расчета N₁₅₀P₇₅K₇₅. Зелёную массу запахивали в конце октября, затем выполняли влагозарядковый полив – 1000...1200 м³/га.

Посевной горох сорта *Рокет* высевали рядовым способом при норме 160...180 кг/га (750 тыс. шт/га) на глубину 6...8 см, семена ярового рапса *Викинг* – 6...8 кг/га (1,8 млн шт/га) на глубину 2...3 см. Амарант *Крепыш* высевали широкорядным способом (70 см) на глубину 1,5...2 см при норме 0,2...0,5 кг/га (350 тыс. шт/га).

Минеральные удобрения (N₁₅₀P₇₅K₇₅) вносили следующим образом: 100 % фосфорных и калийных и 50 % азотных – под основную обработку почвы, оставшиеся 50 % – в подкормку. Расчетные нормы минеральных удобрений эквивалентны по содержанию основных питательных веществ (N P K) 30 т полуперепревшего навоза. На основе справочных данных [11] принимали, что в 1 т навоза в среднем содержится около 5 кг азота, 2,5 фосфора и 5 кг – калия. Лугово-каштановые почвы Терско-Сулакской равнины характеризуются очень высоким содержанием подвижного калия (321 мг/кг).

Опытный участок представляет собой равнину по микрорельефу и почвенному составу. Площадь опытной делянки – 109,2 м² (8,4 × 13 м), учетной – 100,8 м² (8,4 × 12 м), повторность опыта – трехкратная, площадь опыта – 1505 м² с учетом защитных полос. Метод исследований – лабораторно-полевой, размещение делянок систематическое. Для изучения динамики изменения элементов питания в почве ежемесячно в течение вегетационного периода отбирали образцы в слое 0...25 см, где определяли гумус – по Тюрину в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26213-91), содержание легкогидролизуемого азота – по А.Х. Корнфилду, ГОСТ 26951-86, подвижных фосфора и обменного калия – методом Мачигина в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26205-91), рН водной вытяжки – потенциометрически. Для химических анализов почвы использовали методику в руководствах Е.В. Аринушкиной (1970).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Главный показатель ценности сидеральных культур, влияющий на плодородие почвы – масса органического вещества (надземная и корневая части), накопленная ко времени их заделки в почву. Зелёная масса сидеральных культур по своей удобрительной ценности не только не уступает, но по некоторым показателям даже превосходит традиционное органическое удобрение (навоз). Эффективность влияния сидеральной культуры зависит не только от количества биомассы растений, но и от содержания питательных элементов в органическом веществе сидерата.

В результате анализа установлено наибольшее количество элементов питания в горохе посевном: N – 230; P₂O₅ – 69; K₂O – 207 кг/га. По содержанию азота яровой рапс уступает на 55,7 %, а амарант на

33,9 %, такая же закономерность и по подвижному фосфору и обменному калию. С фитомассой сидеральных растений на 1 га почвы поступает от 263 до 506 кг питательных веществ (табл. 1). По суммарному количеству NPK посевного гороха, определено, что с этой массой в почву поступает на 69,6 % питательных веществ больше, чем с 30 т навоза.

Сезонная динамичность в почве нитратного азота (среднее значение под яровыми зерновыми культурами) в зависимости от видов удобрений за 2015–2019 годы (табл. 2) показала, что по сравнению с минеральным фоном за вегетацию (апрель-май) содержание NO₃ при внесении навоза снизилось на 4,9...5,2 мг/кг. Запашка сидератов (среднее значение 37,2 мг/кг) снижает содержание нитратов на 3,8...9,0 мг в фазе роста побегов (апрель), цветения (среднее значение 39,8 мг/кг) – на 3,8...8,7 мг/кг. По почвенным образцам в середине вегетации в год запашки установлено, что на участках ярового рапса содержание нитратного азота было наименьшим среди сидеральных культур – 28,5...36,7 мг/кг. Анализ образцов следующего года в этот же период оказался наименьшим у амаранта – 31,4...48,6 мг/кг. Среди вариантов с сидерацией худшие показатели получены при запашке амаранта.

Дальнейшая динамика нитратов характеризуется снижением их содержания во всех вариантах опыта. Особенно при внесении минерального азота (N₁₅₀): с 48,5 мг/кг в начале мая до 24,2 в августе.

В лугово-каштановой почве максимальное накопление нитратов совпадает с весенним сроком определения, а к концу лета содержание нитратов заметно снижается как в год запашки сидератов, так и следующем. Накопление максимального количества нитратов в почве в апреле-мае во всех вариантах, включая контроль, объясняется тем, что в этот период складываются наиболее благоприятные условия для нитрификации. В последующем

Таблица 1.

Содержание основных элементов питания в навозе и фитомассе сидеральных культур лугово-каштановой почвы

Вид удобрения	Накопление биомассы, т/га			Относительное содержание к сырой массе, %			Аккумулировано в общей биомассе питательных веществ, кг/га			
	Зелёная масса	Корневые остатки	Всего	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Всего
Горох посевной	5,27	1,42	6,69	0,50	0,15	0,45	230	69	207	506
Рапс яровой	4,33	1,27	5,6	0,30	0,12	0,35	102	41	120	263
Навоз КРС (30 т/га)	30	–	30	0,50	0,25	0,55	150	75	165	390
Амарант	4,21	1,35	5,56	0,38	0,10	0,40	152	40	14	332

Таблица 2.

Влияние видов удобрений на содержание NO₃ в пахотном слое 0...25 см (среднее под яровыми зерновыми культурами: кукуруза на зерно и сорго), мг/кг

Вид удобрения	При закладке опыта	В год запашки сидератов (действие)					Следующий год (последствие)				
		апрель	май	июнь	июль	август	апрель	май	июнь	июль	август
Без удобрений – контроль	27,8	35,1	36,9	36,2	27,4	20,9	29,8	35,6	33,7	29,4	20,7
Солома	27,9	36,4	37,3	36,3	28,8	24,2	30,3	37,8	35,2	30,6	26,9
Горох посевной	28,0	37,5	40,5	36,9	33,4	30,4	51,0	54,1	48,4	41,6	37,8
Рапс яровой	28,1	37,2	39,2	36,7	32,2	28,5	45,8	49,2	43,5	37,7	31,9
N ₁₅₀ P ₇₅ K ₇₅	28,4	46,2	48,5	38,4	32,6	24,2	41,4	43,8	37,2	32,1	26,2
Навоз КРС	28,2	41,0	43,6	41,4	35,8	28,4	44,6	45,2	41,9	36,7	31,0
Амарант	28,0	37,0	39,7	35,7	32,4	29,2	44,9	48,6	43,2	36,3	31,4

Таблица 3.

Влияние видов удобрений на содержание P_2O_5 в пахотном слое 0...25 см
(среднее под яровыми зерновыми культурами: кукуруза на зерно и сорго), мг/кг

Вид удобрения	При закладке опыта	В год запашки сидератов (действие)					Следующий год (последствие)				
		апрель	май	июнь	июль	август	апрель	май	июнь	июль	август
Без удобрений – контроль	19,2	24,4	25,8	23,1	21,1	18,2	24,3	25,0	22,5	19,4	16,9
Солома	19,1	24,7	26,8	24,1	23,3	20,2	26,3	27,8	28,0	25,4	22,1
Горох посевной	19,0	25,2	28,8	26,9	25,0	22,8	32,2	34,4	30,6	29,0	24,9
Рапс яровой	18,9	24,7	27,3	27,0	24,6	22,3	31,3	33,0	28,8	27,5	23,6
$N_{150} P_{75} K_{75}$	18,7	29,4	31,0	27,7	24,5	22,0	28,6	30,2	26,2	23,7	21,1
Навоз КСР	19,3	28,3	29,4	27,6	26,6	24,1	30,4	32,1	28,7	26,6	23,5
Амарант	19,1	24,6	27,4	26,7	24,5	22,1	31,0	32,8	28,5	27,4	23,5

Таблица 4.

Влияние видов удобрений на содержание K_2O в пахотном слое 0...25 см
(среднее под яровыми зерновыми культурами: кукуруза на зерно и сорго), мг/кг

Вид удобрения	При закладке опыта	В год запашки сидератов (действие)					Следующий год (последствие)				
		апрель	май	июнь	июль	август	апрель	май	июнь	июль	август
Без удобрений – контроль	321	348	351	346	337	315	335	344	332	325	313
Солома	318	346	355	349	340	330	333	387	340	353	320
Горох посевной	315	348	360	353	340	332	411	421	399	391	368
Рапс яровой	315	347	361	352	342	331	404	412	386	376	360
$N_{150} P_{75} K_{75}$	317	363	369	358	346	334	381	391	361	351	328
Навоз КСР	323	354	360	358	348	337	402	405	390	373	354
Амарант	320	350	358	354	338	329	400	410	383	370	357

содержание усвояемой формы азота уменьшается в связи с уплотнением почвы после поливов, особенно при внесении минеральных удобрений, в первую очередь азотных. В значительной степени такое снижение объясняется потреблением азота растениями при формировании урожая.

Относительно большое содержание нитратов в почве во второй половине вегетации зерновых культур при внесении навоза и сидератов, даже при увеличившемся их потреблении, объясняется тем, что потери азота на вымывание и денитрификацию в этом случае минимальны, поскольку выделение его из органического вещества протекает одновременно, как в случае с минеральными удобрениями, а постоянно в ходе разложения запаханной органической массы.

Поэтому содержание азота в почве более высокое на следующий год после запашки навоза и сидеральных культур. Так, в начале цветения в контроле – 36,6 мг, при внесении навоза – 45,2, запашке на зелёное удобрение гороха, рапса и амаранта, соответственно – 54,1; 49,2 и 48,6 мг/кг почвы.

Динамичность фосфатов в почве повторяет динамику нитратов, но общее содержание их в обрабатываемом слое значительно меньше – 16,9...34,4 мг/кг (табл. 3). С применением сидеральных культур количество их в среднем за вегетационный период у гороха посевного составило – 30,2, ярового рапса – 28,8 и амаранта – 28,7 мг/кг, при запашке навоза, минеральных удобрений и соломы, соответственно – 28,3; 25,9 и 26,5 мг/кг, в контроле – 21,6 мг/кг. Закономерное уменьшение подвижного фосфора в середине вегетации позволило выявить, что из сидеральных культур наиболее требовательный амарант, как в год запашки – 22,1...26,7, так и в следующем – 23,5...28,5 мг/кг.

Лугово-каштановые почвы Терско-Сулакской равнины считаются достаточно обеспеченными обменным калием. Почва опытного участка содержала в пахотном слое до внесения удобрений 315...323 мг K_2O , что согласно существующей в зоне группировке, характеризует повышенную обеспеченность растений этой формой питания.

Сезонная динамика обменного калия в почве отмечается постепенным снижением его количества от весны к осени и аналогична динамике фосфатов, но роль вносимых удобрений в изменении содержания его в почве не столь велика, как по азоту и фосфору (табл. 4).

В начале вегетации сидеральных культур на опытных участках наличие в почве обменного калия во все года исследования колебалось от 347 до 361 мг/кг в год запашки. Весной следующего года также зафиксировано значительное увеличение этого элемента – 400...421 мг/кг.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Айтемиров, А.А. Урожайность зеленой массы сидератов и накопление корневой массы основными культурами в условиях орошения Терско-Сулакской подпровинции / А.А. Айтемиров, Т.Т. Бабаев // Горное сельское хозяйство. – 2018. – № 3. – С. 51–57.
2. Айтемиров, А.А. Влияние сидератов на урожайность яровых зерновых культур в условиях орошения Терско-Сулакской подпровинции / А.А. Айтемиров, М.Б. Халилов, Т.Т. Бабаев и др. // Юг России: экология, развитие. – 2018. – Т. 13. – № 2. – С. 145–155.
3. Баламирзоев, М.А. Почвы Дагестана экологические аспекты их рационального использования / М.А. Баламирзоев. – Махачкала: Дагестанское книж. изд-во, 2008. – С. 303–304.

4. Борисова, Е.Е. Применение сидератов в мире / Е.Е. Борисова // Вестник НГИЭИ. – 2015. – № 6 (49). – С. 24–33.
5. Волошин, Е.И. Руководство по удобрению капустных культур (ярового рапса, сурепицы, горчицы и редьки масличной): метод. Рекомендации [Электронный ресурс] / Е.И. Волошин, А.Т. Аветисян. – Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2017 – 28 с.
6. Довбан, К.И. Зеленое удобрение в современном земледелии. Вопросы теории и практики / К.И. Довбан – Минск: Белорусская наука, 2009. – 404 с.
7. Лошаков, В.Г. Сидерация как фактор биологизации земледелия и природоподобных агротехнологий / В.Г. Лошаков // Biogeosystem Technique. – Издательство: APHR s.r.o. – 2015, Vol. (6), Is. – С. 379.
8. Мерзлая, Г.Е. Рекомендации по эффективному использованию соломы и сидератов в земледелии / Г.Е. Мерзлая, Л.М. Державин, А.А. Завалин и др. // Под ред. В.Г. Сычева. – М.: ВНИИА, 2012. – 44 с.
9. Нарусева, Е.А. Влияние сидерации на свойства чернозема выщелоченного лесостепного Поволжья / Е.А. Нарусева // Агроэкоинфо. – 2011. – № 2 (9). – С. 3–5.
10. Постников, Д.А. Сравнительная экологическая оценка традиционных и перспективных сидеральных культур в условиях Московской области / Д.А. Постников, В.Г. Лошаков, С.И. Темирбекова и др. // Достижения науки и техники АПК. – 2014. – № 8. – С. 39–43.
11. Тайлаков, А.А. Биоэкологическая и фитомелиоративная роль промежуточных культур / А.А. Тайлаков, С.А. Ахмедов, Б.Т. Холматов и др. // Инновационные технологии в сельском хозяйстве: мат. Межд. науч. конф. – М.: Буки-Веди, 2015. – С. 28–31.
12. Теймуров, С.А. Повышения эффективности пожнивных посевов на основе использования наиболее доступных факторов биологизации земледелия / В.А. Теймуров, С.Н. Имашова, А.Н. Ярмагомедов // Проблемы развития АПК. – Махачкала: ДагГАУ, 2020. – № 1 (41). – С. 117.
13. Щедрин, В.Н. Опыт использования сидеральных культур для улучшения агрохимических свойств чернозема обыкновенного / В.Н. Щедрин, А.Н. Бабичев, В.А. Монастырский // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2016. – № 1 (41). – С. 14–21.
2. Ajtemirov, A.A. Vliyanie sideratov na urozhajnost' yarovykh zernovykh kul'tur v usloviyah orosheniya Tersko-Sulakskoj podprovincii / A.A. Ajtemirov, M.B. Halilov, T.T. Babaev i dr. // Yug Rossii: ekologiya, razvitie. – 2018. – Т. 13. – № 2. – С. 145–155.
3. Balamirzoev, M.A. Pochvy Dagestana ekologicheskie aspekty ih racional'nogo ispol'zovaniya / M.A. Balamirzoev. – Mahachkala: Dagestanskoe knizh. izd-vo, 2008. – С. 303–304.
4. Borisova, E.E. Primenenie sideratov v mire / E.E. Borisova // Vestnik NGIEI. – 2015. – № 6 (49). – С. 24–33.
5. Voloshin, E.I. Rukovodstvo po udobreniyu kapustnykh kul'tur (yarovogo rapsa, surepicy, gorchicy i red'ki maslichnoj): metod. Rekomendacii [Elektronnyj resurs] / E.I. Voloshin, A.T. Avetisyan. – Krasnoyar. gos.agrar. un-t. – Krasnoyarsk, 2017 – 28 s.
6. Dovban, K.I. Zelenoe udobrenie v sovremennom zemledelii. Voprosy teorii i praktiki / K.I. Dovban – Minsk: Belorusskaya nauka, 2009. – 404 s.
7. Loshakov, V.G. Sideraciya kak faktor biologizacii zemledeliya i prirodopodobnykh agrotekhnologij / V.G. Loshakov // Biogeosystem Technique. – Izdatel'stvo: APHR s.r.o. – 2015, Vol. (6), Is. – С. 379.
8. Merzlaya, G.E. Rekomendacii po effektivnomu ispol'zovaniyu solomy i sideratov v zemledelii / G.E. Merzlaya, L.M. Derzhavin, A.A. Zavalin i dr. // Pod red. V.G. Sycheva. – M.: VNIIA, 2012. – 44 s.
9. Narusheva, E.A. Vliyanie sideracii na svojstva chernozema vyshchelochennogo lesostepnogo Povolzh'ya / E.A. Narusheva // Agroekoinfo. – 2011. – № 2 (9). – С. 3–5.
10. Postnikov, D.A. Sravnitel'naya ekologicheskaya ocenka tradicionnykh i perspektivnykh sideral'nykh kul'tur v usloviyah Moskovskoj oblasti / D.A. Postnikov, V.G. Loshakov, S.I. Temirbekova i dr. // Dostizheniya nauki i tekhniki APK. – 2014. – № 8. – С. 39–43.
11. Tajlakov, A.A. Bioekologicheskaya i fitomeliorativnaya rol' promezhutochnykh kul'tur / A.A. Tajlakov, S.A. Ahmedov, B.T. Holmatov i dr. // Innovacionnye tekhnologii v sel'skom hozyajstve: mat. Mezhd. nauch. konf. – M.: Buki-Vedi, 2015. – С. 28–31.
12. Tejmurov, S.A. Povysheniya effektivnosti pozhnyvnykh posevov na osnove ispol'zovaniya naibolee dostupnykh faktorov biologizacii zemledeliya / V.A. Tejmurov, S.N. Imashova, A.N. Yarmagomedov // Problemy razvitiya APK. – Mahachkala: DagGAU, 2020. – № 1 (41). – С. 117.
13. Shchedrin, V.N. Opyt ispol'zovaniya sideral'nykh kul'tur dlya uluchsheniya agrohimicheskikh svojstv chernozema obyknovennogo / V.N. Shchedrin, A.N. Babichev, V.A. Monastyrskij // Izvestiya Nizhnevolskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. – 2016. – № 1 (41). – С. 14–21.

LIST OF SOURCES

1. Ajtemirov, A.A. Urozhajnost' zelenoj massy sideratov i nakoplenie kornevoj massy osnovnymi kul'turami v usloviyah orosheniya Tersko-Sulakskoj podprovincii / A.A. Ajtemirov, T.T. Babaev // Gornoe sel'skoe hozyajstvo. – 2018. – № 3. – С. 51–57.

Н.Н. Дубенок, академик РАН, профессор

Российский государственный аграрный университет –
Московская сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева
РФ, 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49

Г.В. Ольгаренко, член-корреспондент РАН, профессор

Всероссийский научно-исследовательский институт систем орошения и сельхозводоснабжения «Радуга»
РФ, 140483, Московская область, Коломенский р-н, пос. Радужный, 38
E-mail: prraduga@yandex.ru.

УДК 631.6:631.61:626.8

DOI:10.30850/vrsn/2021/2/56-59

ПЕРСПЕКТИВЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ МЕЛИОРАТИВНОГО КОМПЛЕКСА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

В статье рассмотрено состояние мелиоративного комплекса России, проанализированы причины недостаточной эффективности использования потенциала мелиорированных земель. Сформулирована главная цель развития мелиорации – восстановление на современном инженерно-техническом уровне, имеющегося мелиоративно-водохозяйственного фонда Российской Федерации. Разработаны основные мероприятия, направленные на расширение технико-экономического и технологического потенциала мелиоративных систем, обеспечивающие функционирование в нормативном режиме мелиоративно-водохозяйственного комплекса и использование в сельскохозяйственном производстве не менее 90 % мелиорированных земель, как наиболее рациональный путь получения эколого-экономически сбалансированной продуктивности мелиорированных земель и основа для дальнейшего устойчивого развития мелиоративного комплекса страны. Развитие мелиоративного комплекса возможно только при разработке Государственной программы на период 2021–2030 годов, с учетом технического уровня мелиоративных систем и экологического состояния мелиорированных земель.

Ключевые слова: продовольственная безопасность, мелиоративный комплекс, мелиорированные земли, социально-экономические и экологические условия, программа развития, комплексные мелиорации, гидромелиоративные системы, гидротехнические сооружения.

N.N. Dubenok, Academician of RAS, Professor

K.A. Timiryazev Russian State Agrarian University – MTAA
RF, 127550, g. Moskva, ul. Timiryazevskaya, 49

G.V. Olgarenko, Corresponding member of RAS, Professor

All-Russian Scientific Research Institute «Raduga»
RF, 140483, Moskovskaya obl., Kolomenskij r-n, pos. Raduzhnyj, 38
E-mail: prraduga@yandex.ru

RECOVERY PROSPECTS FOR THE RUSSIAN FEDERATION RECLAMATION COMPLEX

The article reveals a real situation in the Russian Land Reclamation Complex, and the using of developed areas; there are presented the causes of insufficient using efficiency of the developed lands. The main goal of land reclamation developing is formulated; it is its renovation according to modern engineering and technical level, of available land reclamation and hydro-economic fund of Russian Federation. There are developed the main measures aimed to the rehabilitation of technical and economic and technological potential of land reclamation systems, ensuring proper functioning of the land reclamation and hydro-economic complex, as well as the using for agricultural production no less than 90% of available developed lands; that is the most rational way for getting of ecologic and economic balanced productivity of developed lands and a base for the country's future stable land reclamation complex development. Under global political and economic competition conditions and economic crisis development and the raising of social and economic issues, land reclamation complex development is possible only after working out of the State Program on rehabilitation and development of land reclamation complex of Russian Federation in 2021–2020, keeping in mind the regional specific conditions of farming development, technical condition and level of land reclamation systems, real use and ecologic condition of developed lands.

Key words: food safety, land reclamation complex, developed lands, social, economic and ecologic conditions, Development Program, complex land reclamation, hydro-reclamation systems, water management assets.

Известно, что в России дефицит атмосферных осадков приходится на 80 % площади земель, используемых в сельскохозяйственном производстве, свыше 10 % пахотных земель находится в зоне избыточного увлажнения. В засушливые и избыточно влажные годы не реализуется потенциал высокопродуктивных сортов сельскохозяйственных культур, интенсивных аграрных технологий. Мелиорация – ключевой фактор предотвращения неблагоприятного воздействия климатических изменений и стабилизации сельскохозяйственного производства. На мелио-

рированных землях выращивается весь рис, до 65 % овощей и картофеля, около 20 % кормов и другой продукции. Значительная роль в производстве кормов принадлежит осушаемым землям Нечерноземной зоны РФ, более 80 % которых занято кормовыми культурами. [1, 2, 4, 6]

Основные сдерживающие факторы повышения продуктивности сельскохозяйственных угодий: недостаточное развитие комплексных мелиораций, невысокий технический уровень мелиоративных систем, развитие процессов деградации (эрозия,

засоление, заболачивание, подтопление, дефицит органического вещества и элементов минерального питания, опустынивание). [5]

Цель работы – оценить состояние мелиоративного комплекса РФ, обозначить основные мероприятия, способствующие восстановлению технологического потенциала мелиоративных систем.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Информационно-аналитические исследования выполнены на основе научно-методических и нормативно-технических материалов, имеющих в открытом доступе Государственной научно-технической и научной сельскохозяйственной библиотеки в информационно-телекоммуникационной сети интернет-ресурсов, открытых публикаций периодических отечественных и зарубежных изданий, отчетов по научно-аналитическим исследованиям мелиоративного комплекса, сайтов научных и образовательных учреждений за ретроспективный период не менее 20 лет, а также сайта Министерства сельского хозяйства Российской Федерации.

Концепция исследований базируется на положении о том, что развитие мелиорации сельскохозяйственных земель возможно только при разработке Государственной программы восстановления и развития мелиоративного комплекса Российской Федерации на период 2021–2030 годов, обеспечивающей максимальное использование потенциальных возможностей имеющегося мелиоративного фонда, с учетом региональных особенностей развития сельского хозяйства, технического уровня мелиоративных систем и экологического состояния мелиорированных земель.

Главная цель программы – повышение продовольственной безопасности и конкурентоспособности сельскохозяйственных товаропроизводителей России при восстановлении и развитии мелиоративного комплекса на современном научно-техническом уровне, позволяющем использовать в сельскохозяйственном производстве не менее 90 % мелиорированных земель с действующими в нормативном режиме мелиоративными системами, обеспечивающими реализацию принципов «устойчивого развития» АПК.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Мощный мелиоративный комплекс России включает более 34,3 тыс. мелиоративных сооружений, в том числе: 232 тыс. водохранилищ; более 2 тыс. регулирующих и распределительных гидротурбин; подающих и откачивающих насосных станций 1,8 тыс.; 134 речные плотины; 42,3 тыс. км магистральных водопроводящих и водосбросных каналов, свыше 3 тыс. км защитных дамб и валов. В зоне возможных затоплений расположено более 670 населенных пунктов с общей численностью населения свыше 1,6 млн чел. [5] Всего мелиоративный фонд составляет 9,46 млн га земель (4,68 млн орошаемых и 4,78 млн га осушаемых).

В сельскохозяйственном производстве фактически использовалось 3,89 млн га орошаемых земель, а поливы проводили путем подачи воды из государ-

ственных мелиоративных систем на площади около 1,50 млн га. Не поливалось 2580,6 тыс. га, в том числе по причинам неисправности оросительной сети – 1778,7 тыс. га. Всего не задействовано в производстве 796,5 тыс. га *орошаемых земель* и по причине засоления и заболачивания 152,8 тыс. га.

Из 4,78 млн га осушенных земель в сельскохозяйственном обороте находится 3,20 млн га, а фактически обеспечивают регулирование водного режима и отвод дренажных вод государственные мелиоративные системы на площади около 956,0 тыс. га. Из 1598,60 тыс. га *осушаемых земель* не используются из-за неисправности осушительной сети 610,20 тыс. га и плохого агроэкологического состояния – 920,40 тыс. га (близкое залегание УГВ, плохие водно-физические и агрохимические показатели почв).

На орошаемых землях в хорошем экологическом состоянии находится 2,41 млн га; в нормативном (удовлетворительное) – 1,38; неудовлетворительном – 0,9 млн га, на 0,4 последних наблюдается близкое залегание грунтовых вод, на 0,26 – засоление почв, 0,24 млн га – совместное действие неблагоприятных экологических факторов.

Из осушаемых земель характеризуются хорошим состоянием 0,86 млн га, удовлетворительным – 2,14, неудовлетворительным – 1,78 млн га: критическое залегание грунтовых вод и недопустимые сроки отвода поверхностных вод, что приводит к нарушению оптимальных сроков весенне-полевых работ.

Всего не используется в сельскохозяйственном производстве мелиорированных земель – 2395,10 тыс. га, в том числе: орошаемых – 796,5, из которых по причине засоления и заболачивания – 152,8; осушаемых – 1598,60, из-за неисправности осушительной сети – 610,20, плохого агроэкологического состояния (близкое залегание УГВ, низкие водно-физические и агрохимические показатели почв) – 920,40 тыс. га.

Таким образом, основной фактор, снижающий потенциальные возможности мелиоративного фонда – неиспользуемые в сельскохозяйственном производстве мелиорированные земли и те, которые числятся как мелиорированные, но не имеющие работоспособной инфраструктуры, плохое экологическое состояние. Причины перечисленные следующие:

- низкий технический уровень и состояние ГМС и ГТС (износ материально-технической базы и оборудования, разрушение и заиливание мелиоративных каналов, ухудшение состояния коллекторно-дренажной сети);

- нарушение агротехнологий и зональных систем земледелия, отсутствие эколого-мелиоративных мероприятий;

- развитие процессов деградации земель на уровне внутрихозяйственной части мелиоративного комплекса: вторичное засоление, заболачивание и зарастание древесно-кустарниковой растительностью; ухудшение флористического состава травянистой растительности на мелиорированных сенокосах и пастбищах; закисление почв, снижение запасов гумуса и элементов минерального питания в пахотном слое почвы; загрязнение почв тяжелыми металлами и вредными выбросами производства и развитие водной эрозии, подтопление сельскохозяйственных земель;

– низкий уровень управления мелиоративным комплексом, как единой природно-технической системой, включающей элементы всех форм собственности при определяющей роли государственной составляющей, включая стратегическое и оперативное планирование; взаимодействие с сельскохозяйственными товаропроизводителями; реализацию технологических процессов и кадровое обеспечение;

– недостаточное материально-техническое обеспечение, в том числе специализированной и мелиоративной техникой, что снижает качественные показатели и уменьшает объемы ремонтно-эксплуатационных работ на внутрихозяйственной части мелиоративных систем и, как следствие, нарушается их работоспособность, ухудшается экологическое состояние мелиорированных земель;

– отсутствие комплексного подхода к эксплуатации (агрохимия, агротехнологии, культуртехника, органические и минеральные удобрения, агроландшафтные системы земледелия).

Рациональное использование земельных ресурсов и охрана мелиорированных земель сельскохозяйственного назначения обеспечивается единой взаимосвязанной системой мероприятий.

Гидромелиоративные инженерно-технические: строительство, реконструкция и техническое перевооружение мелиоративных систем и отдельно расположенных гидротехнических сооружений, направленных на повышение эксплуатационной надежности и безопасности мелиоративных объектов, предотвращение затопления и подтопления территорий и развития чрезвычайных ситуаций.

Эксплуатация мелиоративных систем: ремонтно-эксплуатационные работы на мелиоративных системах и гидротехнических сооружениях, очистка каналов и реализация противопаводковых мероприятий, повышение водообеспеченности мелиорированных земель путем планового водопользования и использования на орошение, дренажных и сточных вод.

Агроландшафтное мелиоративное земледелие: в увязке с комплексными мелиорациями, включая агротехнические, агролесомелиоративные, лугомелиоративные, гидротехнические и организационно-хозяйственные противоэрозионные мероприятия, направленные на рациональное регулирование поверхностного стока и предотвращение водной эрозии почв земель сельскохозяйственного назначения.

Достижение поставленной цели возможно при комплексном решении базовых задач программы:

– обоснование и разработка комплексной схемы восстановления и развития мелиорации;

– инженерно-технические и технологические решения по модернизации (реконструкция) гидромелиоративных систем и гидротехнических сооружений;

– развитие системы сельскохозяйственного водоснабжения, в части обводнения пастбищ и сенокосов, с целью устойчивого развития сельских территорий при сохранении трудовых ресурсов и территориальной целостности района;

– обновление материально-технической базы новой мелиоративной и специализированной техникой и техникой орошения;

– внедрение компьютерных технологий, информационно-аналитическое обеспечение, развитие

мониторинга и системы планирования водопользования, экологического аудита, управления и контроля в области мелиорации и водного хозяйства;

– развитие инфраструктуры, совершенствование организационных и социально-экономических механизмов функционирования мелиоративно-водохозяйственного комплекса, восстановление государственной системы проектно-изыскательских организаций;

– формирование сервисных эксплуатационных центров, баз и технопарков, материально-технической базы федеральных учреждений по эксплуатации мелиоративно-водохозяйственных систем и федеральных государственных бюджетных научных учреждений, подведомственных Департаменту мелиорации;

– формирование научно-технической политики, разработка программы прикладных научных исследований и экспериментальных разработок, повышение качества и масштабов внедрения;

– актуализация нормативно-методической базы и нормативно-технических документов;

– подготовка научно-педагогических кадров высших квалификаций, переподготовка инженерных и руководящих кадров. [7, 8]

Отдельной подпрограммой, в составе Государственной программы развития мелиорации должна быть реализация потенциальных возможностей мелиоративного комплекса в Нечерноземной зоне РФ, на основе мониторинга технического уровня осушительных систем и разработки технических рекомендаций по развитию мелиорации.

Для орошаемых земель необходимы комплексная реконструкция оросительных систем на площади 1992,9 тыс. га, развитие химических мелиораций – 206,5 тыс. га; ремонтно-эксплуатационные мероприятия – 1735,1 тыс. га (капитальный ремонт оросительной и осушительной сети, культуртехнические работы, планировка полей, промывка и борьба с водной и ветровой эрозией почв, подтоплением, противопаводковые мероприятия).

Для осушаемых земель главное – комплексная реконструкция и капитальный ремонт осушительных систем на площади 1114,1 тыс. га, химическая мелиорация – 1672,3 тыс. га; культуртехническая мелиорация – 1194,10 тыс. га. [8]

Комплекс мелиоративных мероприятий включает:

– *агрохимические мелиорации* на площади 3,27 млн га, в том числе: зоне осушения – снижение кислотности почв земель сельскохозяйственного назначения – 1,67 млн га; зоне орошения – ликвидация засоления мелиорированных земель – 1,57 млн га.

– *агротехнические мелиорации*: культуртехнические работы – 1,77 млн га; в зоне осушения – 1,20 млн га, орошения – 0,57 млн га.

– *агролесомелиоративные и фитомелиоративные мелиорации*: создание защитных лесных насаждений на площади 759 тыс. га, в том числе полезащитных лесных полос (ветрорегулирующие) – 336 тыс. га; противоэрозионные овражно-балочные насаждения – 232 тыс. га; пастбищно-защитные фитомелиоративные насаждения – 191 тыс. га; противоэрозионные мероприятия и борьба с опустыниванием – 900 тыс. га.

Мероприятия по повышению водообеспеченности сельскохозяйственных угодий: для обводнения пастбищ строительство мелиоративно-водохозяй-

ственных систем на площади 1,50 млн га; реконструкция мелиоративно-водохозяйственных систем – 2,50 млн га.

Для развития производственной, научно-лабораторной и опытно-производственной базы ФГБНУ необходимы: реконструкция и капитальный ремонт; материально-техническое обеспечение; создание государственных центров по проведению проектно-исследовательских работ в регионах Российской Федерации.

В результате реализации комплекса мелиоративных мероприятий на орошаемых землях площадь введенных в сельскохозяйственный оборот составит: орошаемых земель – 796,50 тыс. га, которые при имеющейся структуре севооборотов на орошаемых землях могут обеспечить ежегодный прирост производства продукции, тыс. т: овощей 5500,00, зерновых культур (кукуруза на зерно) – 900,00, сои – 237,00, риса – 360,00.

На основе реализуемого комплекса агротехнических, агролесомелиоративных, агротехнических и агрохимических мелиораций может быть обеспечен ежегодный доход от реализации сельскохозяйственной продукции 267439,0 млн руб., в том числе на орошаемых землях – 133969,00; осушаемых – 133470,0 млн руб.

Решение проблемы восстановления и развития мелиоративно-водохозяйственных систем России возможно только на основе государственной поддержки, так как необходимо вложение бюджетных и внебюджетных инвестиций в развитие производительных сил мелиоративного комплекса и согласование широкого спектра правовых, производственных, инженерно-технических, социально-экономических, научно-методических и экологических вопросов. [7]

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Дубенок, Н.Н. Перспективы использования данных дистанционного зондирования в оценке состояния мелиоративных систем и эффективности использования мелиорированных земель /Н.Н. Дубенок, Ю.Г. Янко, А.Ф. Петрушин, Р.В. Калиниченко //Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2019. – Т. 16. – № 3. – С. 96–104.
2. Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации (Указ Президента Российской Федерации от 30 января 2010 г. № 120 «Об утверждении Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации»).
3. Иванов, А.Л. Приоритеты научного обеспечения мелиорации/А.Л. Иванов, Н.Н. Дубенок, И.П. Свинцов// Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2011. – № 1. – С. 7–9.
4. Итоги реализации (2014–2017 годы) Федеральной целевой программы «Развитие мелиорации земель сельскохозяй-

5. зяйственного назначения России на 2014–2020 годы» – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2018. – 108 с.
5. Информационный портал. Радуга-Информ. Сводный отчет «О паспортизации государственных мелиоративных систем и отнесенных к государственной собственности отдельно расположенных гидротехнических сооружений и учете мелиорированных земель за 2019 г.»/МСХ РФ. Департамент мелиорации. – М., 2019. – 93 с.
6. Ольгаренко, Г.В. Концепция государственной программы «Восстановление и развитие мелиоративного комплекса Российской Федерации на период 2020–2030 годов» /Г.В. Ольгаренко, С.М. Васильев, Г.Т. Балакай//Новочеркасск: РосНИИПМ, 2019. – 129 с.
7. Постановление Правительства РФ от 14 июля 2012 г. № 717 «О Государственной программе развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия» (с изменениями и дополнениями на 8 февраля 2019 года).

LIST OF SOURCES

1. Dubenok, N.N. Perspektivy ispol'zovaniya dannyh distancionnogo zondirovaniya v ocenke sostoyaniya meliorativnyh sistem i effektivnosti ispol'zovaniya meliorirovannyh zemel' /N.N. Dubenok, Yu.G. Yanko, A.F. Petrushin, R.V. Kalinichenko //Sovremennye problemy distancionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa. – 2019. – Т. 16. – № 3. – С. 96–104.
2. Doktrina prodovol'stvennoj bezopasnosti Rossijskoj Federacii (Ukaz Prezidenta Rossijskoj Federacii ot 30 yanvarya 2010 g. № 120 «Ob utverzhdenii Doktriny prodovol'stvennoj bezopasnosti Rossijskoj Federacii»).
3. Ivanov, A.L. Prioritety nauchnogo obespecheniya melioracii/A.L. Ivanov, N.N. Dubenok, I.P. Svincov// Vestnik rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki. – 2011. – № 1. – С. 7–9.
4. Itogi realizacii (2014–2017 gody) Federal'noj celevoj pro-grammy «Razvitie melioracii zemel' sel'skohozyajstvennogo naznacheniya Rossii na 2014–2020 gody» – М.: FGBNU «Rosinformagrotekh», 2018. – 108 s.
5. Informacionnyj portal. Raduga-Inform. Svodnyj otchyot «O pas-portizacii gosudarstvennyh meliorativnyh sistem i otnesennyh k gosudarstvennoj sobstvennosti ot-del'no raspolozhennyh gidrotekhnicheskikh sooruzhenij i uchete meliorirovannyh zemel' za 2019 g.»/ MSKH RF. De-par-tament melioracii. – М., 2019. – 93 s.
6. Ol'garenko, G.V. Koncepciya gosudarstvennoj program-my «Vossta-novlenie i razvitie meliorativnogo kompl-eksa Rossijskoj Federacii na period 2020–2030 godov» / G.V. Ol'garenko, S.M. Vasil'ev, G.T. Balakaj//Novocher-kassk: RosNIIPM, 2019. – 129 s.
7. Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 14 iyulya 2012 g. № 717 «O Gosudarstvennoj programme razvitiya sel'skogo hozya-jstva i regulirova-niya rynkov sel'skohozyajstvennoj pro-dukcii, syr'ya i prodovol'stviya» (s izmeneniyami i dopol-neniyami na 8 fevralya 2019 goda).

Э.К. Рахматуллин, доктор ветеринарных наук

О.Д. Складов, доктор ветеринарных наук

Всероссийский государственный Центр качества и стандартизации лекарственных средств для животных и кормов
РФ, 123022, г. Москва, Звенигородское шоссе, 5

Ф.Г. Гизатуллина, доктор биологических наук

С.Г. Курин

Южно-Уральский государственный аграрный университет
РФ, 457100, Челябинская область, г. Троицк, ул. Гагарина, 13

E-mail: amil59@yandex.ru

УДК 577.1+619:615

DOI:10.30850/vrsn/2021/2/60-63

СОСТОЯНИЕ ДЕТОКСИРУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ПЕЧЕНИ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ «СТАРТИН-ФИТО»

Энтеротоксикоз при диспепсии обусловлен токсинами микроорганизмов микробной ассоциации и биогенными аминами, образующимися в просвете кишечника, в результате нарушения не только полостного, но и пристеночного пищеварения. Поражение печени при воздействии различных токсикантов связано с метаболизмом и активностью цитохрома P450-показателя монооксигеназной системы. В последние десятилетия внимание ученых привлекает проблема лекарственных поражений печени. «Стартин-фито» — комбинированный препарат, направленный для снятия эндогенной интоксикации при лечении диспепсии молодняка сельскохозяйственных животных. Изучали влияние препарата на монооксигеназную и антиоксидантную функции печени, применяя методику Д.Г. Розина (1964). В ее основе лежит способность различных химических веществ влиять на продолжительность сна лабораторных грызунов (мыши, крысы), вызванного гексеналом, который, как известно, инактивируется в печени. Были сформированы пять групп самок крыс двухмесячного возраста. Животным опытных групп (15 гол.) вводили «Стартин-фито» перорально 1 раз в дозе 6,3 мл/кг. Для контрольной группы (6 гол.) применяли дистиллированную воду. Общее состояние животных характеризовали биохимические показатели крови: количество общего белка, мочевины, глюкозы, общего билирубина, креатинина и активность ферментов аспартат- и аланинаминотрансферазы, лактатдегидрогеназы. Общий белок находили по биуретовой реакции; глюкозу — унифицированным глюкозооксидазным методом по окислению ортотолидина; концентрацию креатинина в сыворотке крови теллят — унифицированным способом по цветной реакции Яффе; мочевины — уреазным методом. Проведенные комплексные экспериментальные исследования показали, что препарат «Стартин-фито» при однократном введении крысам усиливает дезинтоксикационные процессы в печени, безопасен и не оказывает токсического действия.

Ключевые слова: телята, диспепсия, энтеротоксикоз, общий белок, мочевина, глюкоза, билирубин, ферменты аспартат- и аланинаминотрансфераза, лактатдегидрогеназа.

E.K. Rakhmatullin, *Grand PhD in Veterinary sciences*

O.D. Sklyarov, *Grand PhD in Veterinary sciences*

Federal State Budgetary Institution «The Russian State Center for animal feed and drug standardization and quality»

RF, 123022, g. Moskva, Zvenigorodskoe shosse, 5

F.G. Gizatullina, *Grand PhD in Biological sciences*

S.G. Kurin

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «South Ural State Agrarian University»

RF, 457100, Chelyabinskaya oblast', g. Troick, ul. Gagarina, 13

E-mail: amil59@yandex.ru

STATUS OF A LIVER DETOXING SYSTEM WHEN USING «STARTIN-PHYTO»

Enterotoxemia in dyspepsia is caused by the microorganisms toxins of microbial association and biogenic amines formed in the intestinal lumen, as a result of a violation of not only cavity, but also parietal digestion. Liver damage when exposed to various toxicants is associated with the metabolism and activity of cytochrome P450, an indicator of the monooxygenase system. In recent decades, the attention of scientists has been receiving the problem of medicinal liver damage. «Startin-phyto» is a combined preparation aimed to removing endogenous intoxication in the treatment of dyspepsia in farm animal young stock. The effect of the drug on monooxygenase and antitoxic liver functions was studied using D.G. Rosin method (1964). It is based on the ability of various chemicals to affect amounts sleep of laboratory rodents (mice, rats) caused by hexenal, which is known to be inactivated in the liver. Five groups of two-month-old female rats were assembled. The animals of the experimental groups (15 animals) have been injected with «Startin-phyto» orally one time at a dose of 6.3 ml/kg. Distilled water for the control group (6 animals) has been used. The general condition of animals was characterized by the biochemical parameters of the blood: the amount of total protein, urea, glucose, total bilirubin, creatinine and the activity of the enzymes aspartate and alanine aminotransferase, lactate dehydrogenase. Total protein was analyzed by biuret reaction; glucose — by the unified glucose oxidase method for orthotolidine oxidation; the creatinine concentration in the blood serum of calves — in according to the Jaffe color reaction unified method; urea — by the urease method. The carried out complex experimental studies have shown that the drug «Startin-phyto», when administered once to rats, enhances detoxification processes in the liver, is safe and does not have a toxic effect on the liver.

Key words: calves, dyspepsia, enterotoxemia, total protein, urea, glucose, bilirubin, aspartate and alanine aminotransferase enzymes, lactate dehydrogenase.

Диспепсию новорожденных телят по этиологии считают одним из самых сложных заболеваний. Энтеротоксикоз при этом обусловлен и токсинами микроорганизмов микробной ассоциации, и биогенными аминами, образующимися в большом количестве в просвете кишечника, в результате нарушения не только полостного, но и пристеночного пищеварения.

Поражение печени при воздействии различных токсикантов, в том числе лекарственных препаратов, связано с метаболизмом и активностью цитохрома P450 — показателя монооксигеназной системы.

Многие лекарственные вещества, попадая в организм на стадии биотрансформации, превращаются в активные формы и оказывают необходимый лечебный, эффект. Известны ксенобиотики, которые не детоксицируются, а токсифицируются с участием монооксигеназной системы и становятся реакционноспособными. [1]

«Старгин-фито» — комбинированный препарат, направленный на снятие эндогенной интоксикации при лечении диспепсии молодняка сельскохозяйственных животных. Внимание ученых привлекает проблема безопасности ветеринарных препаратов, с точки зрения риска развития лекарственных поражений печени.

Цель работы — изучить наличие гепатотоксического действия рекомендованных средств для лечения телят.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

«Старгин-фито» — комбинированный препарат, представляющий собой порошкообразное вещество. Препарат массой 558 г расфасовывают в четыре полиэтиленовых пакета. «Старгин-фито» применяют новорожденным телятам в форме раствора для профилактики и лечения острых желудочно-кишечных болезней.

Изучали влияние препарата на монооксигеназную и антиоксидантную функцию печени, применяя методику Д.Г. Розина (1964). В ее основе лежит способность различных химических веществ влиять на продолжительность сна лабораторных грызунов (мыши, крысы), вызванного гексеналом, который, как известно, инактивируется в печени. Были сформированы пять групп самок крыс двухмесячного возраста. Животным опытных групп (15 гол.) вводили «Старгин-фито» перорально 1 раз в дозе 6,3 мл/кг. Для контрольной группы (6 гол.) применяли дистиллированную воду. Раствор гексенала готовили непосредственно перед употреблением и инъецировали белых крыс внутрибрюшинно в дозе 80 мг/кг массы тела через час, три, пять часов

и сутки после обработки препаратом. Продолжительность сна белых крыс фиксировали с момента принятия ими «бокового положения» до первых попыток изменить его. После гексеналового сна все экспериментальные крысы были подвергнуты эвтаназии и патоморфологическому исследованию. Для определения биохимических показателей отбирали пробы крови.

Шести крысам самцам вводили максимальную дозу «Старгин-фито» — 21400 мг/кг однократно внутрижелудочно. Через 14 дней проводили эвтаназию, изучали массу животных, массу и весовой коэффициент печени, биохимические показатели крови: количество общего белка, мочевины, глюкозы, общего билирубина, креатинина и активность ферментов аспартат- и аланинаминотрансферазы, лактатдегидрогеназы. Общий белок находили по биуретовой реакции; глюкозу — унифицированным глюкозооксидазным методом по окислению ортолидина; концентрацию креатинина в сыворотке крови телят — унифицированным способом по цветной реакции Яффе; мочевины — уреазным методом. [3, 4]

Активность АлАТ и АсАТ определяли унифицированным динитрофенилгидразиновым способом Райтмана-Френкеля; содержание лактатдегидрогеназы в сыворотке крови — по реакции с 2,4-динитрофенилгидразином (метод Севела — Товарека).

Данные экспериментальных исследований обрабатывали методом вариационной статистики, используя прикладное программное обеспечение STATISTICA. В работе руководствовались рекомендациями для пользователей. [6] Статистическую значимость различий устанавливали по величине критерия Стьюдента.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Организм новорожденного животного в ранний постнатальный период особенно подвержен влиянию неблагоприятных факторов внешней среды. Функциональная незрелость органов и систем может обуславливать возникновение неонатальной патологии, в том числе и развитие заболеваний печени. [5]

Однократное внутрижелудочное введение крысам «Старгин-фито» в дозе 6,3 мл/кг не вызывало у животных токсических явлений. Установлено достоверное снижение продолжительности гексеналового сна через пять часов после введения препарата (табл. 1). Затем животные всех групп были подвергнуты эвтаназии. У них изучены масса и весовой коэффициент печени, биохимические показатели крови.

Установлено достоверное повышение массы и весового коэффициента печени через час и пять часов

Таблица 1.

Показатели подопытных животных после энтерального введения «Старгин-фито» в дозе 6,3 мл/кг

Показатель	Контроль	Введение препарата через			
		час	три часа	пять часов	сутки
Длительность сна, мин.	23,7±2,85	22,3±6,36	27,7±0,88	12,3±1,2*	17,0±0,58
Масса печени, г	5,81±0,51	7,93±0,33*	7,85±0,94	9,49±0,37*	7,0±0,66*
Весовой коэффициент печени	33,5±1,37	38,7±1,32*	37,1±6,38	38,9±1,62*	33,8±1,59

* — P<0,05 (то же в табл. 2, 3).

Таблица 2.

Биохимические показатели крови крыс после энтерального введения «Стартин-фито» в дозе 6,3 мл/кг

Показатель	Контроль	Ведение препарата через			
		час	три часа	пять часов	сутки
Общий белок, г/л	77,7±2,4	67,5±2,43*	72,9±1,93	69,1±2,42	72±0,5
Глюкоза, ммоль/л	4,03±0,42	3,77±0,12	3,67±0,38	4,4±0,15	5,1±0,8
Билирубин, мкмоль/л	1,76±0,26	2±0,1	1,33±0,68	1,47±0,09	1,8±0,27
Мочевина, ммоль/л	3,81±0,29	2,95±0,45	3,86±0,84	3,11±0,49	3,37±0,19
Креатинин, мкмоль/л	64±3,85	55,3±2,03	61,3±4,1	60,7±0,67	63,7±3,38
АлАТ, Е/л	100,3±9,1	109,3±12,3	118,7±4,37	120,3±8,95	104±2,89
АсАТ, Е/л	309,3±18,1	350±15,5	338,3±24,7	362,7±53,7	460,7±172
ЛДГ, Е/л	3111±154,4	3052±400,1	3663±534	2837,7±662	2468,7±199*

после введения «Стартин-фито», что свидетельствует об усилении дезинтоксикационных процессов. Препарат обладает выраженной ферментиндуцирующей активностью в отношении монооксигенозной системы печени: сокращает длительность гексеналового сна. Происходит индукция монооксигеназной системы печени, осуществляющей метаболизм гексенала и других ксенобиотиков, поступающих и образующихся в организме.

В мембранах эндоплазматического ретикула катализируются монооксигеназная система. Первая стадия в системе выведения из организма гидрофобных молекул – реакции окисления, восстановления или гидролиза. Они превращают вещества в полярные водорастворимые метаболиты. В дальнейшем продукты метаболизма чужеродных веществ подвергаются конъюгации, катализируемой глутатион-S-трансферазой, сульфотрансферазой и UDP-глюкуронилтрансферазой. Конъюгацию с глутатионом принято рассматривать в качестве основного механизма детоксикации. [2]

Монооксигеназная система цитохрома P450 участвует в окислении многочисленных соединений как эндогенных, так и экзогенных. Ферменты этой группы играют важную роль в обмене стероидов, желчных кислот, ненасыщенных жирных кислот, фенольных метаболитов, а также в нейтрализации лекарств и ядов. [1, 7] У экспериментальных животных достоверно снижается количество общего белка через час и уменьшается активность ЛДГ через сутки после введения препарата (табл. 2). При изучении количества общего белка, глюкозы, билирубина, мочевины, креатинина, активности ферментов АлАТ и ЛДГ через три и пять часов достоверной разницы между показателями опытной и контрольной групп не обнаружено. Метаболизм «Стартин-фито», в первую очередь, в печени снижает белковый обмен через час после введения, через три часа уменьшается содержание глюкозы, билирубина (углеводный обмен), повышается активность ЛДГ. Снижение количества глюкозы, по всей вероятности, связано с повышением активности гликолитического фермента ЛДГ. Через пять часов уменьшается содержание мочевины и повышается активность АлАТ, что свидетельствует о снижении азотистого обмена, которое длится в течение суток эксперимента, в конце опыта достоверно уменьшается активность ЛДГ.

В результате экспериментальных исследований установлено, что препарат «Стартин-фито» при од-

нократном введении крысам усиливает дезинтоксикационные процессы в печени. Через пять часов после введения снижается продолжительность сна опытных крыс, увеличивается масса печени и весовой коэффициент печени, следовательно, усиливаются дезинтоксикационные процессы. Снижается количество общего белка через час и уменьшается активность ЛДГ через сутки. В содержании общего белка, глюкозы, билирубина, мочевины, креатинина, активности ферментов АлАТ и ЛДГ через три и пять часов после введения «Стартин-фито» достоверной разницы между группами не обнаружено. При метаболизме «Стартин-фито» в печени снижается белковый обмен (через час после введения), через три часа уменьшается количество глюкозы, билирубина, то есть снижается углеводный обмен и повышается активность ЛДГ. Снижение глюкозы, по всей вероятности, связано с повышением активности гликолитического фермента ЛДГ. Через пять часов уменьшаются показатели мочевины и повышается активность АлАТ, что свидетельствует о снижении азотистого обмена, которое длится в течение суток эксперимента.

Однократное внутрижелудочное введение крысам «Стартин-фито» в дозе 21400 мг/кг не вызывало у животных токсических явлений.

У экспериментальных животных через 14 дней после введения препарата достоверно повышаются масса печени и активность АлАТ соответственно на 31,4 %, 75,2 % (табл. 3). Отмечено недостоверное повышение массы животных на 31,4 %, весового коэффициента – 29,2 %, содержания общего белка –

Таблица 3. Биохимические показатели крови крыс через 14 суток после энтерального введения «Стартин-фито» в дозе 21400 мг/кг

Показатель	Контроль	«Стартин-фито»
Масса крыс	138,4±8,9	145,8±9,3
Печень, г	5,6±0,26	7,36±0,63*
Весовой коэффициент печени	40,7±1,22	52,6±6,21
Общий белок, г/л	55,1±2,27	57,14±0,98
Глюкоза, ммоль/л	4,06±0,38	3,98±0,31
Билирубин, мкмоль/л	2,56±0,18	2,22±0,07
Мочевина, ммоль/л	1,77±0,27	1,56±0,25
Креатинин, мкмоль/л	37±2,43	38,2±0,86
АлАТ, Е/л	63,8±3,07	111,8±20,4*
АсАТ, Е/л	283,8±38,3	293,4±34,9

3,7 %, активности АсАТ – 3,4 %, количества креатинина – 3,2 %. Выявлено недостоверное снижение показателей билирубина, мочевины и глюкозы соответственно на 13,3, 11,9 и 1,97 %. Разницы между группами не обнаружено.

При макроскопическом исследовании влияние препарата на структуру и состояние печени не установлено.

Таким образом, через две недели после введения «Стартин-фито» животные, пережившие интоксикацию, не отличались по этим показателям от контрольных.

Экспериментальные исследования показали, что препарат «Стартин-фито» при введении крысам не оказывает токсического действия на печень, максимально возможные дозы не приводят к гибели животных, не вызывают макроскопических изменений печени животных, ее отек, что подтверждается массовыми коэффициентами.

Необходимо отметить, что, несмотря на доминирующую роль печени в метаболизме «Стартин-фито», другие органы также принимают участие в этом процессе. Легкие и почки содержат ферменты фаз метаболизма. Особенно велика роль почек, имеющих специфическую систему захвата и катаболизма продуктов конъюгации, образующихся в печени. [2] Активность других органов, таких как кишечник, селезенка, мышечная ткань, мозг – значительно ниже.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Кольман, Я. Наглядная биохимия / Я. Кольман, К.-Г. Рем. – М.: Мир, 2000. – 470 с.
2. Куценко, С.А. Основы токсикологии / С.А. Куценко. – СПб.: Наука, 2002. – С. 147–396.
3. Лабораторные методы исследования в клинике: Справочник / В.В. Меньшиков, Л.Н. Делекторская, Р.П. Золотницкая и др.; под ред. В.В. Меньшикова. – М.: Медицина, 1987. – С. 174–275.
4. Методы ветеринарной клинической лабораторной диагностики: Справочник / И.П. Кондрахин, А.В. Ар-

- хипов, В.И. Левченко и др.; под ред. проф. И.П. Кондрахина – М.: КолосС, – 2004. – 88 с.
5. Роменский, Р.В. Гепатопатии телят в возникновении вторичных иммунодепрессивных состояний / Р.В. Роменский, П.И. Бреславец, А.В. Хмыров, Н.В. Роменская // Практик. – 2004. – № 9–10. – С. 30–35.
6. Солнцева, О.В. Анализ статистических данных в пакете STATISTICA / О.В. Солнцева, А.В. Севастьянов // Практическое руководство для пользователей. – Ульяновск: ГСХА, 2004. – 43 с.
7. Ortiz de Montellano, Paul R. Cytochrome P450: structure, mechanism, and biochemistry / Ortiz de Montellano, Paul R // 3rd edition. – New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers, 2005. – ISBN 0-306-48324-6.

LIST OF SOURCES

1. Kol'man, Ya. Naglyadnaya biohimiya / Ya. Kol'man, K.-G. Rem. – M.: Mir, 2000. – 470 s.
2. Kucenko, S.A. Osnovy toksikologii / S.A. Kucenko. – SPb.: Nauka, 2002. – S. 147–396.
3. Laboratornye metody issledovaniya v klinike: Spravochnik / V.V. Men'shikov, L.N. Delektorskaya, R.P. Zolotnickaya i dr.; pod red. V.V. Men'shikova. – M.: Medicina, 1987. – S. 174–275.
4. Metody veterinarnoj klinicheskoy laboratornoj diagnostiki: Spravochnik / I.P. Kondrahin, A.V. Arhipov, V.I. Levchenko i dr; pod red. prof. I.P. Kondrahina – M.: KolosS, – 2004. – 88 s.
5. Romenskij, R.V. Gepatopatii telyat v vzniknovenii vtorichnyh immunodepressivnyh sostoyanij / R.V. Romenskij, P.I. Breslavec, A.V. Hmyrov, N.V. Romenskaya // Praktik. – 2004. – № 9–10. – S. 30–35.
6. Solnceva, O.V. Analiz statisticheskikh dannyh v pakete STATISTICA / O.V. Solnceva, A.V. Sevast'yanov // Prakticheskoe rukovodstvo dlya pol'zovatelej. – Ul'yanovsk: GSKHA, 2004. – 43 s.
7. Ortiz de Montellano, Paul R. Cytochrome P450: structure, mechanism, and biochemistry / Ortiz de Montellano, Paul R // 3rd edition. – New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers, 2005. – ISBN 0-306-48324-6.

О.А. Фёдорова, кандидат биологических наук
 Е.И. Сивкова, кандидат биологических наук
 М.И. Серкова, младший научный сотрудник

Всероссийский научно-исследовательский институт ветеринарной энтомологии и арахнологии –
 филиал ФГБНУ ФИЦ Тюменского научного центра Сибирского отделения РАН
 РФ, 625041, г. Тюмень, ул. Институтская, 2
 E-mail: fiodorova-olia@mail.ru

УДК 619:576.895.771

DOI:10.30850/vrsn/2021/2/64-66

ДИНАМИКА СУТОЧНОЙ АКТИВНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ КРОВОСОСУЩИХ МОШЕК НА ЮГЕ ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ*

Исследования проведены в июне-июле 2005–2015 годов по суточному ритму активности кровососущих мошек (Diptera Simuliidae) в природно-климатических подзонах юга Тюменской области. Учеты лёта осуществляли на открытой местности и в лесу. Собирали мошек энтомологическим сачком со съёмными мешочками через каждые два часа. В это же время регистрировали температуру, относительную влажность воздуха, скорость ветра и осадки. Определяли вид имаго кровососущего по идентификационным таблицам (название приведено в соответствие современным спискам). Численность кровососущих мошек на юге Тюменской области высока в утренние и вечерние часы, максимальное количество и пик видового разнообразия – в 7:00, и с 15:00 до 17:00. Активность мошек зависит от биологических особенностей того или иного вида. Наиболее светолюбивый вид – *Byssodon maculatus*, встречается днём, а представители видов *Sim. sp.* и *Sch. pusilla* в утреннее и вечернее время. За сутки зарегистрировано нападение шести видов кровососущих мошек семейства Simuliidae, принадлежащих к следующим родам: *Byssodon*, *Schoenbaueria*, *Boopthora*, *Odagmia*, *Agentisimulium*, *Simulium*. Интервал температур представлен четырьмя группами: 1. 10–30°C – *B. maculatus*, *Sch. Pusilla*; 2. 10–25° – *B. erythrocephala*, *O. ornata*; 3. 16–30° – *Sch. nigra*, *Sim. longipalpe* и *Sim. Rostratum*; 4. 16–20°C – *Arg. noelleri*. Изучение распространения мошек актуально, так как они – переносчики инфекционных и инвазионных болезней животных и человека.

Ключевые слова: мошки, видовое разнообразие, суточный ритм активности, температура воздуха.

O.A. Fedorova, PhD in Biological sciences
 E.I. Sivkova, PhD in Biological sciences
 M.I. Serkova, Junior researcher

All-Russian Scientific Research Institute of Veterinary Entomology and Arachnology – Branch of Federal State Institution
 Federal Research Centre Tyumen Scientific Centre of Siberian Branch of Russian Academy of Sciences
 RF, 625041, g. Tyumen, ul. Institutskaya, 2
 E-mail: fiodorova-olia@mail.ru

TRENDS IN THE DAILY ACTIVITY OF DIFFERENT TYPES OF BLOOD-SUCKING MIDGE IN THE SOUTH OF TYUMEN REGION

The studies were carried out in June–July 2005–2015 on the daily activity of blood-sucking midges (Diptera Simuliidae) in the climatic subzones of the south of the Tyumen region. Flights recording was registered in open terrain and in the forest. The midges were collected with an entomological net with removable bags every two hours. At the same time, temperature, relative air humidity, wind speed and precipitation were recorded. The species of the imago bloodsucking was determined according to identification tables (the name has been brought in line with modern lists). The number of bloodsucking midges in the south of the Tyumen region is high in the morning and evening hours, the maximum amount and peak of species diversity are at 7:00 a.m. and from 3:00 to 5:00 p.m. The midges activity depends on the biological characteristics of a particular species. The most photophilous species is *Bys. maculatus*, it occurs during the day, while *Sim. sp.* and *Sch. pusilla* in the morning and evening time. During a day of an attack of six species of bloodsucking midges of the Simuliidae family belonging to the following species was recorded: *Byssodon*, *Schoenbaueria*, *Boopthora*, *Odagmia*, *Agentisimulium*, *Simulium*. The temperature range is represented by four groups: 1. 10–30C – *B. maculatus*, *Sch. Pusilla*; 2. 10–25C – *B. erythrocephala*, *O. ornata*; 3. 16–30C – *Sch. nigra*, *Sim. longipalpe* and *Sim. Rostratum*; 4. 16–20C – *Arg. noelleri*. The study of the midges spreading is relevant since they are carriers of a number of animals and humans infectious and invasive diseases.

Key words: Blood-sucking midges, species diversity, daily activity rhythm, air temperature.

Известно, что мошки – переносчики инфекционных и ивазионных болезней. Согласно литературным данным, динамика суточной активности мошек зависит от тесно связанных между собой метеорологических параметров (интенсивность света, температура, влажность). [6] Авторы подчеркивают,

что активность мошек положительно коррелирует с относительной влажностью и осадками. Если температурные показатели находятся выше или ниже определенных пределов, численность активных мошек сокращается. Скорость ветра – лимитирующий фактор. При его увеличении до 2,5 м/с численность

* Исследования выполнены в рамках Государственного задания Минобрнауки России «Мониторинг эпизоотической ситуации и прогнозы развития возможных вспышек паразитарных болезней животных» / The investigations were carried out within the framework of the State Assignment of the Ministry of Education and Science of Russia «Monitoring of the epizootic situation and forecasts of the development of possible outbreaks of parasitic animal diseases».

мошек резко сокращается. В дневное время активность кровососущих мошек угнетается высокой температурой и яркой освещенностью. [1, 2, 8]

Динамика суточной активности кровососущих мошек в различных ландшафтно-географических зонах Тюменской области не была достаточно изучена. В природно-климатических зонах формируются различные метеорологические факторы и суточные ритмы активности мошек в них отличаются.

Цель работы – изучить особенности суточной активности разных видов кровососущих мошек на юге Тюменской области.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в июне-июле 2005–2015 годов на юге Тюменской области в трех природно-климатических зонах (подзонах): южная тайга (Нижнетавдинский район), березово-осиновые (Ялуторовский район), лесостепь (Исетский район). Численность мошек учитывали с помощью энтомологического сачка со съемными мешочками в пяти повторностях по два раза. Интервал между учетами – два часа. Одновременно фиксировали метеорологические условия (температура, освещенность, относительная влажность воздуха и скорость ветра).

Для подтверждения видового состава мошек использовали определительные таблицы. [5]

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Установлено, что период активности мошек ограничен светлым временем суток с 5:00 до 23:00 ч. Отмечено два подъема численности – утром (с 5:00 до 7:00 или с 7:00 до 9:00) и вечером (с 21:00 до 23:00 или с 19:00 до 21:00). Днем численность значительно уменьшается из-за высокой температуры (25...30°C), освещенности (более 50 тыс. лк.) и низкой относительной влажности воздуха (33...35 %). Осадки и ветер (при скорости 2,5 м/с и более) ограничивают активность мошек.

В утренние и вечерние часы пик активности мошек на открытом месте выше, чем в лесу, а днем, в большинстве случаев, наоборот. Так, в 2005 году при 30°C днем в лесу отлавливали мошек в 2,6 раза больше, чем на открытом месте.

Интервал температур, в пределах которого возможна активность, различен для разных видов мошек: 1. 10–30°C – *B. maculatus*, *Sch. Pusilla*; 2. 10–25°C – *B. erythrocephala*, *O. ornata*; 3. 16–30°C – *Sch. nigra*, *Sim. longipalpe* и *Sim. Rostratum*; 4. 16–20°C – *Arg. noelleri*. Видовое разнообразие на открытой местности и под пологом леса одинаково. Утром

и вечером наиболее высокая активность мошек наблюдается на открытой местности. Массовый вид в обеих станциях – *Byssodon maculatus*.

В подзоне мелколиственных осиново-березовых лесов был зарегистрирован лёт пяти видов кровососущих мошек: *Byssodon maculatus*, *Schoenbaueria pussila*, *Odagmia ornata*, *Simulium longipalpe*, *Simulium sp.* (табл. 1). В дневное время доминировал – *B. maculatus*. Численность *Sch.pussila* и *Simulium* утром и вечером повышалась. Видовое разнообразие регистрировали в 7:00 и с 15:00 до 17:00 ч.

Лёт фиксировали в светлое время суток с 6:00 до 23:00. На протяжении дня происходили колебания численности, которые зависели от уровня освещенности. Так, 24 июня уменьшение освещенности с 57000 (11:00) до 58000 люкс (15:00) при сплошной облачности вызвало увеличение численности мошек в лесу с 3,7 до 22,9 и на открытой местности – с 0,5 до 21,1 особи на учет. Увеличение лёта отмечали в 21:00 при освещенности 650 люкс и температуре 18,1°C, и в 5:00 (490 люкс, 15°C). В пик активности утром и вечером численность мошек была выше на открытой местности, чем в лесу. При этом, в дневное время численность особей под пологом леса и на открытой местности была практически одинаковой – соответственно 7,89±2,56 и 6,29±2,58 особей на учет (различие недостоверно). В лесостепи пик активности мошек наблюдается в 21:00 и 5:00 ч, при этом вечерний максимум численности выше утреннего, что обусловлено погодными условиями. Лёт мошек фиксировали при температуре 11,5...22°C, относительной влажности воздуха – 55...95 % и освещенности 25000...57000 люкс.

Активный лёт наблюдали у четырех видов: *B. maculatus*, *Boop. erythrocephala*, *Sch. pusilla*, *Od. Ornate* (табл. 2). Пик видового разнообразия фиксировали в 7:00, и с 15:00 до 17:00 ч. На протяжении всего светового дня встречали два наиболее многочисленных вида. Пик численности *B. maculates* в 13:00 перед дождем и в 21:00, а *Sch. pusilla* – в 15:00 после. Лёт *Boop. Erythrocephala* в течение дня был неравномерным с пиком активности в 15:00 после дождя.

Выводы. Анализ проведенных суточных учетов в 2005–2015 годах показал, что активность мошек зависит от времени их лёта и метеорологических условий. Кровососущие мошки – дневные насекомые, летают с 5:00 до 23:00. В суточной активности два подъема численности: утром (с 5:00 до 7-9:00) и вечером (с 19:00 до 23:00), днем снижается. Характер суточной активности – утренне-вечерний. [3, 4]

Температура воздуха в ходе исследований составляла 11...30°C, относительная влажность воз-

Таблица 1.

Суточная активность мошек в подзоне мелколиственных осиново – березовых лесов

Вид	Количество отловленных особей по времени, ч											
	7:00	9:00	11:00	13:00	15:00	17:00	19:00	21:00	23:00	1:00	3:00	5:00
<i>Byssodon maculatus</i>	689	444	410	344	440	445	600	549	222	6	–	150
<i>Schoenbaueria pusilla</i>	344	44	16	5	41	166	7	195	205	–	6	96
<i>Odagmia ornata</i>	27	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Simulium longipalpe</i>	–	–	–	–	13	–	–	–	35	–	–	–
<i>Simulium reptans</i>	291	28	7	–	13	–	–	124	51	–	–	–

Таблица 2.

Суточная активность разных видов мошек в лесостепной зоне

Вид	Количество отловленных особей по времени, ч											
	7:00	9:00	11:00	13:00	15:00	17:00	19:00	21:00	23:00	1:00	3:00	5:00
<i>Byssodon maculatus</i>	15	78	35	166	58	82	95	255	29	6	2	132
<i>Boopthora erythrocephala</i>	10	–	1	–	126	34	–	–	–	–	2	–
<i>Schoenbaueria pusilla</i>	12	20	2	–	235	36	20	34	–	–	2	7
<i>Odagmia ornata</i>	12	–	–	2	4	3	–	–	–	–	–	–

духа – 30...100 %, скорость ветра – 2,5 м/с. Метеорологические факторы тесно взаимодействуют друг с другом и влияют на активность мошек комплексно. [7]

Активность мошек зависит от биологических особенностей того или иного вида. Наиболее светолюбивый вид – *Bys. maculatus*, встречается днем, а представители видов *Sim. sp.* и *Sch. pusilla* в утреннее и вечернее время.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Пироговский, М.И. Экология и особенности биологии мошек Simuliidae дельты Волги /М.И. Пироговский, С.Н. Кушникова// Естественные науки, – 2009. – № 2. – Т. 28. – С. 18–24.
2. Фёдорова, О.А. Кровососущие мошки (Diptera, Simuliidae) южной тайги Тюменской области / О.А. Фёдорова А.А. Гавричкин // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2016. – № 2. – Т. 190. – С. 94–97.
3. Фёдорова, О.А. Приуроченность кровососущих мошек (Diptera, Simuliidae) к различным биотопам /О.А. Фёдорова, Р.П. Павлова// Вестник Тюменского государственного университета. – 2014. – № 6. – С. 76–80.
4. Чернышев, В.Б. Экология насекомых / В.Б. Чернышев. – М.: Изд-во МГУ, 1996. – 304 с.
5. Янковский, А.В. Определитель мошек (Diptera, Simuliidae) России и сопредельных территорий (бывшего СССР) /А.В. Янковский. – С-Пб: Зоологический ин-т Рос. акад. наук, 2002. – 570 с.
6. Fall, M. Cardian activity of Culicoides oxystoma (Diptera: Ceratopogonidae), potential vector of bluetongue and African horse sickness viruses in the Niayes area Senegal / M. Fall, As.G. Fall, T. Momar // Parasitology researsearch. – 2015. – Т. 114. – P. 3151–3158.
7. Fredeen, F.J.H. Meteorological factors influencing host-seeking activity of female Simulium luggeri (Diptera: Simuliidae) / F.J.H. Fredeen, P.G. Mason // Journal of medical entomology. – 1991 – № 6. – Т. 28. – P. 831–840.
8. Grillet, M.E. Diurnal biting periodicity of parous Simulium (Diptera: Simuliidae) vectors in the onchocerciasis Amazonian focus / M.E. Grillet, N.J. Villamizar, J. Cortez et all.// Acta Tropica. – 2005. – № 2. – Т. 94. – P. 139–158.
9. Oforika, L.C. Population Fluctuations and Effect of Climatic Factors on the Relative Abundance of Simulium damnosum Complex (Diptera: Simuliidae) / L.C. Oforika, M.A. Adeleke, J.C. Anikwe, W.A. Makanjuola // Environmental Entomology. – 2019.

LIST OF SOURCES

1. Pirogovskij, M.I. Ekologiya i osobennosti biologii moshek Simuliidae del'ty Volgi /M.I. Pirogovskij, S.N. Kushnikova// Estestvennye nauki. – 2009. – № 2. – Т. 28. – S. 18–24.
2. Fedorova, O.A. Krovososushchie moshki (Diptera, Simuliidae) yuzhnoj tajgi Tyumenskoj oblasti / O.A. Fedorova A.A. Gavrichkin // Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta. – 2016. – № 2. – Т. 190. – S. 94–97.
3. Fedorova, O.A. Priurochennost' krovososushchih moshek (Diptera, Simuliidae) k razlichnym biotopam /O.A. Fedorova, R.P. Pavlova// Vestnik Tyumenskogo gosudarstvennogo universiteta. – 2014. – № 6. – S. 76–80.
4. Chernyshev, V.B. Ekologiya nasekomyh / V.B. Chernyshev. – M.: Izd-vo MGU. – 1996. – 304 s.
5. Yankovskij, A.V. Opredelitel' moshek (Diptera, Simuliidae) Rossii i sopredel'nyh territorij (byvshego SSSR) / A.V. Yankovskij. – S-Pb: Zoologicheskij in-t Ros. akad. nauk, 2002. – 570 s.
6. Fall, M. Cardian activity of Culicoides oxystoma (Diptera: Ceratopogonidae), potential vector of bluetongue and African horse sickness viruses in the Niayes area Senegal / M. Fall, As.G. Fall, T. Momar // Parasitology researsearch. – 2015. – Т. 114. – P. 3151–3158.
7. Fredeen, F.J.H. Meteorological factors influencing host-seeking activity of female Simulium luggeri (Diptera: Simuliidae) / F.J.H. Fredeen, P.G. Mason // Journal of medical entomology. – 1991 – № 6. – Т. 28. – P. 831–840.
8. Grillet, M.E. Diurnal biting periodicity of parous Simulium (Diptera: Simuliidae) vectors in the onchocerciasis Amazonian focus / M.E. Grillet, N.J. Villamizar, J. Cortez et all.// Acta Tropica. – 2005. – № 2. – Т. 94. – P. 139–158.
9. Oforika, L.C. Population Fluctuations and Effect of Climatic Factors on the Relative Abundance of Simulium damnosum Complex (Diptera: Simuliidae) / L.C. Oforika, M.A. Adeleke, J.C. Anikwe, W.A. Makanjuola // Environmental Entomology. – 2019.

Д.Н. Раднаев, доктор технических наук

Октябрьский филиал Арктического государственного агротехнологического университета
РФ, 678011, Республика Саха (Якутия), Якутск, г. Октёмы, пер. Моисеева, 16
Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В.Р. Филиппова
РФ, 670010, Республика Бурятия, г. Улан-Удэ, ул. Пушкина, 8

С.В. Петунов, кандидат технических наук

Д-Ц. Б. Бадмацыренов, старший преподаватель

Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В.Р. Филиппова
РФ, 670010, Республика Бурятия, г. Улан-Удэ, ул. Пушкина, 8
E-mail: daba01@mail.ru

УДК 631.333.001

DOI:10.30850/vrsn/2021/2/67-70

АГРОТЕХНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ СПОСОБА ПОСЕВА И РАБОЧИХ ОРГАНОВ СЕЯЛКИ ЗЕРНОВОЙ СТЕРНЕВОЙ

В работе приведены результаты исследований агротехнических показателей рядового посева зерновых культур после модернизации рабочих органов сеялки-культиватора СЗС-2,1. Стерневая сеялка-культиватор применяется в засушливых районах Республики Бурятия, почвы которых подвержены ветровой эрозии. Культиватор СЗС-2,1 обеспечивает совмещение операций предпосевной культивации, посева зерновых культур, внесения минеральных удобрений в засеваемые рядки и их прикатывания на стерневых фонах, то есть на полях, обработанных с осени плоскорезными орудиями или вообще не обрабатывавшихся. Применение этих сеялок – основной прием посева яровой пшеницы с междурядьями 23 см рядовым способом в системе почвозащитного земледелия. Рядовой способ посева на почвах легкого механического состава, подверженных ветровой эрозии, вызывает загущение растений в рядке, что приводит к нерациональному использованию растениями площади питания, повышенной засоренности посевов между рядками и, в конечном итоге, к снижению урожайности. Разработано распределительное устройство для лапового сошника, где семена поступают на распределительное устройство, затем, отражаясь от него, равномерно рассеиваются в подлаповом пространстве сошника. Также вместо серийных клиновидных прикатывающих катков на сеялку установлены кольчато-шпоровые катки типа ЗККШ-6. Сплошное прикатывание обеспечивает необходимый контакт семян с почвой, сохранение почвенной влаги и способствует притягиванию ее из нижних слоев. Таким образом, модернизация сеялки СЗС-2,1 позволила обосновать подпочвенно-разбросной полосовой посев со сплошным прикатыванием, при этом урожайность зерновых культур повышается на 10–15 %.

Ключевые слова: Республика Бурятия, стерневая зерновая сеялка, подпочвенно-разбросной посев, сплошное прикатывание, эффективность.

D.N. Radnaev, Grand PhD in Engineering sciences

Oktem branch of the Arctic State Agrotechnological University
RF, 678011, Respublika Saha (Yakutiya), Yakutsk, g. Oktemcy, per. Moiseeva, 16
Philippov V.R. the Buryat State Academy of Agriculture
RF, 670010, Respublika Buryatiya, g. Ulan-Ude, ul. Pushkina, 8

S.V. Petunov, PhD in Engineering sciences

D-Ts. B. Badmatsyrenov, senior lecturer

Philippov V.R. the Buryat State Academy of Agriculture
RF, 670010, Respublika Buryatiya, g. Ulan-Ude, ul. Pushkina, 8
E-mail: daba01@mail.ru

AGROTECNICAL SUBSTANTIATION OF THE SOWING METHOD AND WORKING BODIES OF THE GRAIN STUBBLE SEEDER

The paper presents the results of studies of grain crops row sowing method agrotechnical indicators after the modernization of the working bodies of the SZS-2.1 seeder-cultivator. The SZS-2,1 stubble cultivator seeder has found wide application in the arid regions of the Republic of Buryatia, whose soils are prone to wind erosion. This seeder provides a combination of pre-sowing cultivation, sowing grain crops, applying mineral fertilizers to the sown rows and rolling them on stubble backgrounds, that is, in fields that have been processed since autumn with flat-cutting tools or have not been cultivated at all. Sowing with these seeders with 23 cm row spacing in a row method is the main method of sowing spring wheat in the soil conservation agriculture system. Routine sowing on soils of light texture, subject to wind erosion, causes thickening of plants in a row, which leads to irrational use of the feeding area by plants, increased weediness of crops between rows and, ultimately, to a decrease in yield. A distributor for the coulter has been developed, where the seeds are fed to the distributor. Then, reflecting from the distributor, the seeds are evenly dispersed in the opener under the plow space. Also, instead of serial wedge-shaped packer rollers, ring-spur rollers of the 3KSH-6 type are installed on the seeder. In addition, continuous rolling provides the necessary contact of seeds with the soil, preserves soil moisture and helps to attract it from the lower layers. Thus, the modernization of the SZS-2.1 seeder made it possible to substantiate subsurface-spread strip sowing with continuous rolling, which ultimately led to an increase in grain yield by 10–15 %.

Key words: Republic of Buryatia, stubble grain seeder, subsoil-spread sowing, continuous rolling, efficiency.

Ускоренное и устойчивое наращивание производства зерна, повсеместное повышение урожайности зерновых культур – приоритетное направление развития сельскохозяйственного производства. Мощный резерв в выполнении этой задачи – внедрение в практику почвозащитной технологии, которая базируется на специальных машинах. [1, 8] Стерневую сеялку-культиватор СЗС-2,1 широко применяют в засушливых районах Республики Бурятия, почвы которых подвержены ветровой эрозии. Она обеспечивает совмещение предпосевной культивации и рядового посева зерновых культур, внесения минеральных удобрений и их прикатывания на стерневых фонах, то есть на полях, обработанных с осени плоскорезными орудиями или вообще не обрабатывавшихся. Посев этими сеялками с междурядьями 23 см – основной способ посева яровой пшеницы в системе почвозащитного земледелия. [2– 5] Рядовой способ посева на почвах легкого механического состава, подверженных ветровой эрозии, вызывает загущение растений в рядке, что приводит к нерациональному использованию растениями площади питания, повышенной засоренности посевов и, в конечном итоге, к снижению урожайности. Кроме того, большая ширина междурядий обуславливает проваливание части валков скошенной пшеницы, особенно при полосном размещении сельскохозяйственных культур, что влечет за собой потери при уборке, на полях с низкорослым хлебоустоем.

Цель работы – улучшение качественных показателей посева путем совершенствования конструкции рабочих органов стерневой сеялки.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

На кафедре «Механизации сельскохозяйственных процессов» ФГБОУ ВО «Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В.Р. Филиппова» проведены лабораторно-полевые исследования по агротехническому обоснованию способа посева зерновых культур и глубины заделки семян после совершенствования рабочих органов стерневой сеялки-культиватора СЗС-2,1 на почвах легкого механического состава в почвенно-климатических условиях зоны. Работу проводили на опытных полях учебного заведения. Рельеф однородный, равнинно-волнистый; почвы – каштановые и супесчаные. [7] Изучали влияние глубины заделки семян на урожайность. Перед посевом почву обрабатывали орудиями с плоскорезными рабочими органами на глубину 10...12 см в соответствии со схемой опыта.

Разработано и изготовлено распределительное устройство для лапового сошника сеялки СЗС-2,1, которое находится в подсошниковом пространстве (рис. 1). Семена по семяпроводу поступают в сошник на распределительное устройство. Затем, отражаясь от распределителя, семена равномерно рассеиваются в подлаповом пространстве сошника, что определило подпочвенно-разбросный полосовой посев.

Возникает необходимость технического устройства, которое бы было предназначено для сплошного прикатывания посевов. Наиболее близкой по назначению, а также не требующей значительных

материальных затрат оказалась конструкция кольчато-шпорового катка, применяемого на полях республики. В связи с этим, сеялку СЗС-2,1 можно переоборудовать на кольчато-шпоровые катки типа ЗККШ-6 (рис. 2).

Программа исследований предусматривала агротехническую оценку разбросного и рядкового способов посева яровой пшеницы сорта *Бурятская – 79*, районированного в засушливых районах республики. Ширина междурядий – 23 см, глубина заделки семян пшеницы – 5; 7; 9; 11 см. Агротехническую оценку работы макетов, включая выбор поля и его характеристику, определение неравномерности высева, относительной полевой всхожести и глубины заделки семян, выполняли в соответствии с общепринятой методикой. [6] В период вегетации вели фенологические наблюдения и учет всходов на площадках двух несмежных повторностей; после появления всходов и перед уборкой оценивали густоту посевов. При учете урожайности во время уборки в каждом варианте отбирали пробы зерна массой 2 кг для определения чистоты и влажности. Урожайность пересчитывали на 100 %-ю чистоту и стандартную влажность.

Перед полевыми опытами устанавливали одинаковую норму высева семян из расчета 5,5 млн всхожих семян на 1 га, неравномерность высева принимали не более 3 %. Заданная глубина заделки

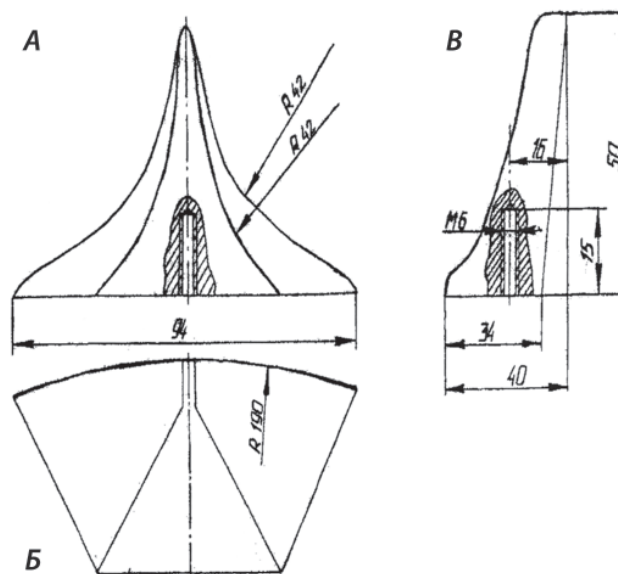


Рис. 1. Распределительное устройство А, Б, В: виды спереди; сверху, сбоку соответственно.

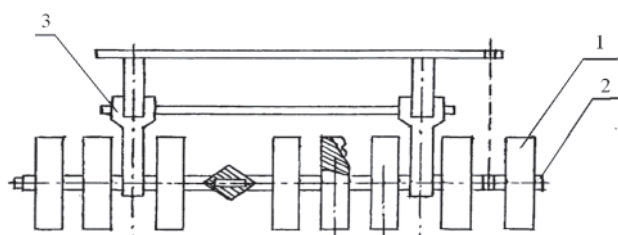


Рис. 2. Модернизированный кольчато-шпоровый каток к сеялке СЗС-2,1:

1 – кольчато-шпоровый каток, 2 – вал, 3 – прицепное устройство.

Таблица 1.
Влияние глубины заделки семян (см) пшеницы Бурятская-79 на полевую всхожесть

Заданная	Фактическая	Высеяно семян, шт/м ²	Всходы, шт/м ²	Полевая всхожесть, %
Прикатывание клиновидными катками				
5	5±1,3	250	172	68,8
7	7±1,3	250	176	70,4
9	9±1,2	250	152	60,8
11	11±1,2	250	144	57,6
Сплошное прикатывание кольчато-шпоровыми катками				
5	5±1,2	256	200	78,1
7	7±1,2	257	196	76,4
9	9±1,2	257	184	69,9
11	11±1,1	256	176	67,3

семян – 5, 7, 9 и 11 см. Изменяли глубину хода сошников упорными втулками толщиной 2 см на штоке гидроцилиндра.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Полевая всхожесть после посева во многом определяется наличием влаги в слое почвы, при этом важный фактор – глубина заделки. Установлено, что ее влияние на полевую всхожесть яровой пшеницы (табл. 1) отчетливо проявляется при разбросном ленточном посеве в вариантах с прикатыванием кольчато-шпоровыми и клиновидными катками. При посеве пшеницы с формированием ровной поверхности поля первыми катками на всем интервале глубины заделки семян (5...11 см) отмечена наиболее высокая полевая всхожесть. Увеличение глубины заделки с 3...5 до 9...11 см ее на 9 % и более. Оптимальной глубиной заделки семян от дна бороздки, образовавшейся после прохода кольчато-шпорового катка, следует считать 5...7 см для пшеницы (наибольшее количество всходов). Оценка по предельному случайному отклонению НСР_{0,5} 14,8 шт/м² для пшеницы характеризует влияние глубины заделки семян на количество всходов. Для подтверждения этого необходимо, чтобы фактическая разность между выборочными средними значениями количества всходов при посеве на глубину 5 и 9...11 см оказалась больше НСР. Она составила 16 и 24 шт/м² для пшеницы, что превышает НСР, полученную в опытах.

Глубина заделки семян, отражается также на густоте всходов. При разбросном ленточном посеве

со сплошным прикатыванием кольчато-шпоровыми катками (табл. 2) и с формированием гребнистой поверхности клиновидными катками установлено, что густота растений пшеницы с увеличением глубины заделки семян с 5 до 11 см снижается на 12...17 %. Лучшие результаты получены при разбросном ленточном посеве пшеницы на глубину 5 см – 136 раст./м² перед уборкой (96 % перед началом вегетации). Наименьшее число растений наблюдалось в варианте заделки семян на глубину 11 см. При посеве пшеницы на глубину 5 ± 1,3 см с прикатыванием клиновидными катками и образованием гребнистой поверхности число растений к концу вегетации уменьшалось. Это обусловлено тем, что узел кушения растений формировался на границе влажного и сухого слоев в условиях недостатка влаги, поскольку почвы легкого механического состава быстро ее теряют, и до глубины 5 см даже при достаточном увлажнении верхний слой почвы бывает сухим.

В результате полевых опытов выявлено, что в системе почвозащитного земледелия на легких по механическому составу почвах в районах, подверженных ветровой эрозии, разбросной ленточный посев с междурядьем 23 см и прикатыванием засеянных рядков кольчато-шпоровыми катками, формирующими ровную поверхность поля, обеспечивает наибольшую (15,1 ц/га) урожайность (табл. 2).

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Бережнов, Н.Н. Полевые испытания посевного почвообрабатывающего комплекса «Кузбасс»/Н.Н. Бережнов// Сельский механизатор – 2017. – № 12. – С. 8–9.
2. Демчук, Е.В. Исследования равномерности распределения семян зерновых культур комбинированным сошником/ Е.В. Демчук, А.С. Союнов, В.В. Мяло// Омский научный вестник. – 2015. – № 1 (138). – С. 105–110.
3. Демчук, Е.В. К вопросам совершенствования технологии посева/ Е.В. Демчук Д.А. Голованов, К.Я. Янковский// Тракторы и сельхозмашины. – 2016. – № 6. – С. 45–48.
4. Ивченко, А.В. Сеялка с лапово-фрезерными рабочими органами/А.В. Ивченко, Е.В. Демчук, И.Д. Кобяков// Тракторы и сельхозмашины. – 2016. – № 2. – С. 13–14.
5. Кобяков, И.Д. Зерновая сеялка для полосного посева/ И.Д. Кобяков, А.П. Шевченко, А.В. Ивченко// Сельский механизатор. – 2019. – № 12. – С. 12.
6. Ост 70.5.1-82. Посевные машины. Программа и методы испытаний. – 121 с.
7. Система земледелия Республики Бурятия: научно-практические рекомендации / под науч. ред. про-

Таблица 2.

Показатели урожайности при различных способах посева и прикатывания

Способ посева	Глубина заделки семян, см	Высеяно семян, шт/м ²	Всходы, шт/м ²	Полевая всхожесть, %	Урожайность, ц/га	Отклонение от наибольшей урожайности, ц/га
Сплошное прикатывание кольчато-шпоровыми катками						
Разбросной ленточный	6...8	130	79	60,8	15,1	
Рядовой	6...8	130	76	58,5	13,3	-1,8
Прикатывание клиновидными катками						
Разбросной ленточный	6...8	128	88	68,9	13,5	-1,6
Рядовой	6...8	128	84	65,3	12,6	-2,5

фессора А.П. Батудаева. – 2-е изд., перераб. и доп.: – Улан-Удэ: Изд-во БГСХА имени В.Р. Филиппова, 2018. – 349 с.

8. Sandakov, T. Optimum Design of a Chisel Plow for Grain Production in the Republic of Buryatia, Russian Federation AMA / T. Sandakov, N. Sandakova, L. Chang et all. Agricultural mechanization in Asia, Africa and Latin America. – Vol. 50 – № 1. – P. 73–78.

LIST OF SOURCES

1. Berezhnov, N.N. Polevye ispytaniya posevnogo pochvoobrabatyvayushchego kompleksa «Kuzbass»/ N.N. Berezhnov// Sel'skij mekhanizator – 2017. – № 12. – S. 8–9.
2. Demchuk, E.V. Issledovaniya ravnomernosti raspredeleniya semyan zernovyh kul'tur kombinirovannym soshnikom/ E.V. Demchuk, A.S. Soyunov, V.V. Myalo//Omskij nauchnyj vestnik. – 2015. – № 1 (138). – S. 105–110.
3. Demchuk, E.V. K voprosam sovershenstvovaniya tekhnologii poseva/ E.V. Demchuk, D.A. Golovanov, K.Ya. Yankovskij// Traktory i sel'hozmashiny – 2016. – № 6. – S. 45–48.
4. Ivchenko, A.V. Seyalka s lapovo-frezernymi rabochimi organami/A.V. Ivchenko, E.V. Demchuk, I.D. Kobayakov// Traktory i sel'hozmashiny – 2016. – № 2. – S. 13–14.
5. Kobayakov, I.D. Zernovaya seyalka dlya polosnogo poseva / I.D. Kobayakov, A.P. Shevchenko, A.V. Ivchenko// Sel'skij mekhanizator – 2019. – № 12. – S. 12.
6. Ost 70.5.1-82. Posevnye mashiny. Programma i metody ispytaniy. – 121 s.
7. Sistema zemledeliya Respubliki Buryatiya: nauchno-prakticheskie rekomendacii / pod nauch. red. professora A.P. Batudaeva. – 2-е изд., перераб. и доп.: – Улан-Удэ: Изд-во БГСХА имени В.Р. Филиппова, 2018. – 349 с.
8. Sandakov, T. Optimum Design of a Chisel Plow for Grain Production in the Republic of Buryatia, Russian Federation AMA / T. Sandakov, N. Sandakova, L. Chang et all. Agricultural mechanization in Asia, Africa and Latin America. – Vol. 50 – No. 1. – P. 73–78.