

АГРОНОМИЯ

DOI:10.31677/2072-6724-2022-63-2-4-10

УДК 635.36:633.11

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОГО
ВНЕСЕНИЯ УДОБРЕНИЙ В ЛЕСОСТЕПИ НОВОСИБИРСКОГО ПРИОБЬЯ****М.А. Альберт**, соискатель**Р.Р. Галеев**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор**Е.А. Ковалев**, аспирант*Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия***E-mail:** rustniev@mail.ru

Ключевые слова: сорт, удобрение, дифференцированное внесение, рост и развитие, урожайность, качество зерна.

Реферат. Представлены результаты опытной работы (2019–2021 гг.) по изучению применения на зерновых культурах дифференцированного внесения удобрений. Западная Сибирь представляет собой регион с рискованными условиями для стабильного производства зерновых культур. Мягкая яровая пшеница и яровой ячмень как основные продовольственные и кормовые культуры характеризуются повышенной требовательностью к важнейшим факторам внешней среды, которые отличаются большой изменчивостью. Современные тенденции развития точного земледелия предполагают необходимость дифференцировать технологические операции, проводимые в хозяйстве, как во времени, так и по отдельным полям севооборотов. При этом более полно учитывается биоресурсный потенциал возделываемых сельскохозяйственных культур, почвенные и рельефные особенности с управлением звена технологических операций агрегатов в поле с дифференцированным внесением норм удобрений или средств защиты растений. Картирование урожайности является элементом технологии точного земледелия. Данная технология достигается сигнальными датчиками, установленными на комбайнах, а также бортовых компьютерах и приемниках GPS в период уборки урожая. Точная карта поля с указанием характеристик каждого его участка обеспечивает возможность рационального распределения ресурсов и повышения урожайности с каждого участка поля. Наличие цифровых карт обеспечивает оптимизацию вносимых удобрений, семян, воды на каждый участок поля. В условиях ЗАО Племзавод «Ирмень» Ордынского района Новосибирской области данные вносятся в бортовой компьютер сельскохозяйственной техники, выходящей в поле, и через GPS-навигацию проводится инновационное управление технологическими процессами в растениеводстве. Цель работы – усовершенствование технологии дифференцированного применения удобрений под зерновые культуры в системе точного земледелия в условиях лесостепи Новосибирского Приобья. Исследования проводились в 2019–2021 гг. в почвенно-климатической зоне дренированной лесостепи на выщелоченном черноземе в ЗАО Племзавод «Ирмень» на сортах яровой пшеницы Новосибирская 31, Ликамеро, а также ярового ячменя сорта Паустиан. Использование дифференцированного применения удобрений способствует увеличению параметров урожайности зерна яровой пшеницы на 36 % и сортов ярового ячменя – на 28%. Показано, что дифференцированное внесение удобрений способствует улучшению показателей качества зерна мягкой яровой пшеницы.

**IMPROVEMENT OF DIFFERENTIATED FERTILIZER APPLICATION
TECHNOLOGY IN THE FOREST STEPPE OF NOVOSIBIRSK PRIOBYE****M.A. Albert**, Co-applicant**R.R. Galeev**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor**E.A. Kovalev**, PhD student*Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia***E-mail:** rustniev@mail.ru

Keywords: variety, fertilizer, differentiated application, growth and development, yield, grain quality.

Abstract. In the article, the authors presented the results of the experimental work (2019-2021) to study the application of differentiated fertilizer application on cereal crops. Western Siberia is a region with risky conditions for stable grain crop production. Soft spring wheat and spring barley are the primary crops for food and feed. Soft spring wheat and spring barley are also characterized by a high demand for the most important environmental factors, which are highly variable. Current trends in precision farming imply the need for different technological operations. These operations are differentiated both in time and by individual crop rotation fields. At the same time, operations take more fully into account the bio-resource potential of cultivated agricultural enterprises. And these operations also take into account soil and terrain features, which are controlled by the aggregates and their links to technological operations. In the field, the authors used aggregates with differentiated application rates of fertilizers or crop protection products. The yield mapping is an element of precision farming technology. This technology is achieved by signal sensors on combined and onboard computers and GPS receivers during the harvesting period. An accurate map of the field, showing the characteristics of each field section, enables rational resource allocation and increases yields from each section of the field. The availability of digital maps ensures the optimization of fertilizer, seed, and water application to each section of the field. Under the conditions of the JSC Livestock Breeding Farm Irmen, Ordynsiy district, Novosibirsk region, the data are entered into the on-board computer of agricultural equipment going into the field, and innovative control of technological processes in crop production is carried out through GPS navigation. The work aims to improve the technology of the application of differentiated fertilizers to grain crops in the precision agriculture system under forest-steppe conditions in the Novosibirsk region Priobye. The research was carried out in 2019-2021 in the soil and climatic zone of drained forest steppe on leached chernozem at JSC Livestock Breeding Farm "Irmen" on spring wheat varieties Novosibirskaya 31, Licamero, as well as the spring barley variety Paustian. The use of differentiated fertilizer application contributes to an increase in grain yield parameters of spring wheat by 36% and of spring barley varieties by 28%. The study showed that differential fertilizer application contributes to the improvement of grain quality parameters of soft spring wheat.

Для основных агроландшафтов лесостепи Западной Сибири характерна неоднородность плодородия почв. Основной способ применения удобрений – внесение средневзвешенной дозой по всему полю. В исследованиях ряда ученых показана значимость перехода на внесение минеральных туков с учетом концентрации элементов питания на отдельных участках полей [1–3].

Дифференцированное применение удобрений с использованием геоинформационных технологий повышает эффективность возделывания многих сельскохозяйственных культур [4–6]. В ряде сообщений отмечено, что эффективно в системе точного земледелия разбивать поле на элементарные участки с последующим проведением отбора почвенных проб для последующего агрохимического анализа [7–10]. По данным некоторых авторов, основным преимуществом дифференцированного способа внесения минеральных удобрений в сравнении с традиционным является относительное выравнивание содержания питательных веществ по площади элементарного поля [11–14]. Установлено, что на низкоплодородных участках поля с повышенными нормами применения элементов минерального питания

накапливаются питательные вещества вследствие превышения баланса внесения в сравнении с выносом, а на полях с высокой обеспеченностью имеют место тенденции к снижению вследствие превышения выноса над применением туков [15–16]. Выявлено в многолетних стационарных комплексных опытах, что оптимизация применения НРК при дифференцированном внесении позволяет уменьшить их потери путем выщелачивания питательных веществ, закрепленных в недоступных соединениях, что обеспечивает повышение их эффективности [17–19].

Наряду с этим в научной литературе имеются сведения о том, что дифференцированный способ внесения минеральных удобрений способствует рациональному минеральному питанию зерновых культур за счет дифференцированного распределения удобрений по полю в зависимости от уровней концентрации элементов питания в почве [20].

В связи с этим целью наших исследований явилось усовершенствование технологии дифференцированного применения удобрений под зерновые культуры в системе точного земледелия в условиях лесостепи Новосибирского Приобья.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования осуществлялись в 2019–2021 гг. в почвенно-климатической зоне дренированной лесостепи, которая входит в северную лесостепь предгорий Приобья.

Почва места проведения исследований – чернозем выщелоченный (слабовыщелоченный имеет небольшую долю). Почва опытных полей содержала гумуса 5,49–6,37% (среднегумусные черноземы), валового азота – 0,28–0,39, фосфора – 0,19–0,24 и калия – 1,19–1,27%. Содержание легкогидролизуемого азота было в пределах 7,39–12,6 мг/100 г почвы, подвижного фосфора – 16,9–23,8 и обменного калия – 17,2–20,4 мг/100 г, pH – 6,71.

По метеорологическим условиям 2019 г. отличался повышенным увлажнением в июле–августе и дефицитом влаги в почве в мае и начале июня; 2020 г. имел показатели на уровне средне многолетних значений как по теплу, так и по увлажнению; 2021 г. отличался недобором тепла в мае и половине июня с дефицитом осадков в этот период, в июле и августе параметры были сопоставимы со средне многолетними значениями.

В опытах изучалась сравнительная эффективность дифференцированного внесения минеральных удобрений в сравнении с традиционным способом. Дозы удобрений устанавливали на основе данных спутниковой навигации по элементарным участкам полей по содержанию основных элементов в почве. Дозы рассчитывали на программный урожай. Стандартная площадь учетных полей 25 га, повторность – четырехкратная, размещение – рендомизированное. В опытах использовали сорта яровой мягкой пшеницы Новосибирская 31, Ликамеро и ярового ячменя Паустиан.

Биометрические наблюдения осуществляли по Методике государственного сортоиспытания (1986 г.). Дозы удобрений рассчитывали на программный урожай (по методу М.К. Кагомова, 2003 г.). Картирование полей по обеспеченности элементами питания проводили по методике Агрофизического НКИ (2015 г.), а также методическим указаниям ученых Башкирского ГАУ (2018 г.). Статистическая обработка данных проводилась по методике Б.А. Доспехова (2014 г.) с использованием пакета прикладных программ SNEDECOR.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Нами в 2019–2021 гг. в соответствии с целью и задачами исследований на выщелоченном черноземе ЗАО Племзавод «Ирмень» проведены исследования по установлению эффективности применения дифференцированного внесения удобрений. Для этого до закладки опытов проводили анализ продуктивности полей за предыдущие годы при возделывании зерновых культур. По его результатам сформированы карты плодородия на основе получения данных с градацией пяти зон. Проведен расчет доз азотно-серных удобрений на основе ранжирования зон с шагом 7%. Осуществлен анализ результатов агрохимического обследования и проведено ранжирование участков по обеспеченности фосфорно-калийными удобрениями. На этой основе сформированы карты внесения и проконтролирована загрузка в терминалы посевных комплексов.

Распределение азотно-серных удобрений выполнялось исходя из степени развития одновидовых предшественников в предыдущие годы. Причем участки более высокой продуктивности в пределах конкретного поля были определены как перспективные для повышенной дозы удобрений, а на участках с меньшими показателями продуктивности доза внесения была снижена. По результатам исследования за все годы лимитирующим фактором была влагообеспеченность. Внесение сложных удобрений производилось по стратегии компенсации с увеличением дозы на менее обеспеченных минеральным питанием участках в пределах поля по результатам агрохимического обследования. Перераспределение осуществлялось в рамках планового объема внесения при средней дозе 150 кг/га в физической массе. Данный подход имел как кратковременный эффект, снижая почвенное плодородие в текущем сезоне и выравнивая агрохимический фон, так и долгосрочное действие путем стимуляции роста биомассы на бедных участках и повышения микробиологического фона, что влияет на содержание органики в плодородном слое с увеличением количества водопрочных агрегатов почвы и улучшением водного режима в целом.

В дальнейшем мониторинг посевов производился с помощью диагностического

оборудования, как и в предыдущие годы. Показатели плотности почвы были на особом контроле. В ряде точек она была выше 1800 кПа/см² на глубине 30 см, что неблагоприятно отражалось на состоянии корневой системы. Зачастую встречались признаки заболеваний зерновых культур септориозом и фузариозом, в особенности на яровой пшенице, пыльная головня на ячмене, поражение флагового листа и корневой шейки. Среди вредителей были отмечены хлебная полосатая блоха и пшеничный трипс. В этой связи усилена си-

стема защиты растений мероприятиями по обработке и мониторингом вредителей.

Анализ результатов агрохимического анализа свидетельствует о значительном отличии в запасах минерального питания между контрольным и опытным участком. На втором поле первого севооборота и третьем поле третьего севооборота запасы доступного фосфора и калия выше, чем на опытных полях, что обуславливало различия в продуктивности изучаемых культур (табл.1).

Таблица 1

Обеспеченность элементами минерального питания на экспериментальных полях хозяйства
(среднее за 2019–2021 гг.)

Mineral nutrient supply on the farm's experimental fields (Average for 2019-2021)

Культура, сорт	Опытное поле	Контрольное поле	Отклонения в содержании, %		
			фосфора	калия	серы
Яровая пшеница Ликамеро	№ 135 (134 га)	№ 144 (140 га)	-112	-30	-274
Яровая пшеница Ликамеро	№ 72 (74 га)	№ 52 (50 га)	-51	-32	-7
Яровой ячмень Паустиан	№ 82 (81 га)	№ 130 (128 га)	11	-11	-28
Яровая пшеница Новосибирская 31	№ 64 (90 га)	№ 119 (110 га)	-6	8	20
Яровая пшеница Новосибирская 31	№ 122 (124 га)	№ 130 (126 га)	-7	-9	19
Среднее	-	-	46	21	83

На посевах яровой пшеницы сорта Ликамеро и ячменя Паустиан отмечено превышение урожайности на фоне дифференцированного внесения удобрений в сравнении с традиционным

способом одной дозой (разница составила по яровой пшенице до 1,75 т/га у сорта Ликамеро, 0,68 т/га у сорта Новосибирская 31 и 1,7 т/га у ярового ячменя сорта Паустиан (табл. 2).

Таблица 2

Урожайность зерновых культур в зависимости от способа применения минеральных удобрений
(среднее за 2019–2021 гг.)

Crop yields as a function of mineral fertilizer application (Average for 2019-2021)

Культура, сорт	Контрольное поле (традиционный способ)	Опытное (дифференцированное внесение)	Урожайность, т/га		Прибавка	
			дифференцированное внесение	контроль	т/га	%
1	2	3	4	5	6	7
Яровая пшеница Ликамеро	№ 144 (143 га)	№ 135 (134 га)	6,67	4,92	1,75	36
Яровая пшеница Ликамеро	№ 52 (51 га)	№ 72 (74 га)	4,99	4,25	0,74	17
Яровая пшеница Новосибирская 31	№ 114 (110 га)	№82 (81 га)	4,49	4,02	0,47	12

1	2	3	4	5	6	7
Яровая пшеница Новосибирская 31	№ 130 (126 га)	№ 122 (122 га)	3,96	3,28	0,68	24
Ячмень Паустиан	№ 91 (90га)	№ 99 (101га)	7,85	6,05	1,70	28
НСР _{0,5}	-	-	0,28	-	-	-

Дифференцированное внесение минеральных удобрений с использованием геоинформационных технологий и спутниковой навигации обеспечивает повышение параметров урожайности у яровой пшеницы сорта Ликамеро до 36%, Новосибирская 31 – до 24 и ярового ячменя Паустиан – до 28%.

Установлено, что сбалансированные дозы удобрений при дифференцированном

внесении на экспериментальных полях ЗАО Племзавод «Ирмень» способствовали получению более высокого качества зерна яровой пшеницы сортов Ликамеро и Новосибирская 31.

Показано, что с использованием дифференцированного внесения удобрений повышались параметры сырой клейковины, стекловидности зерна и массы 1000 зерен (табл. 3).

Таблица 3

Влияние удобрений на качество зерна сортов яровой пшеницы (среднее за 2019–2021 гг.)

Effect of fertilizers on the grain quality of spring wheat varieties (Average for 2019–2021)

Сорт	Способ внесения удобрений	Сырая клейковина, %	Стекловидность, %	Масса 1000 зерен, г
Ликамеро	Дифференцированное	36,8	87,8	37,2
	Традиционное	32,7	82,6	32,9
Новосибирская 31	Дифференцированное	34,5	85,4	34,8
	Традиционное	31,2	81,2	30,5
НСР _{0,5}	-	0,36	1,76	0,93

Отмечено, что максимальное содержание сырой клейковины было у сорта Ликамеро при дифференцированном внесении – 36,8% (прибавка к контролю 4,1%). У сорта Новосибирская 31 она была на уровне 34,8% (прибавка 4,3%). Дифференцированное внесение у обоих сортов пшеницы значительно повышало показатели стекловидности (на 5%) и массы 1000 зерен (до 5 г).

Установлена экономическая эффективность дифференцированного внесения минеральных удобрений с использованием систем спутниковой навигации. Уровень рентабельности производства повышается на 28% к традиционному способу внесения.

ВЫВОДЫ

1 В условиях чернозема выщелоченного лесостепи Новосибирского Приобья изучена эффективность применения дифференциро-

ванного внесения минеральных удобрений (NPK) при возделывании зерновых культур: яровой пшеницы Ликамеро и Новосибирская 31 и ярового ячменя сорта Паустиан.

2. Дифференцированное внесение минеральных удобрений с использованием геоинформационных технологий и спутниковой навигации обеспечивает получение урожайности сортов Ликамеро на уровне 7 т/га и сорта Новосибирская 31 – 5 т/га (прибавка к традиционному способу без использования ГИС-технологий составила 24–36%). При возделывании ярового ячменя Паустиан урожайность достигла 8 т/га при 6 т/га в контроле (прибавка 28%).

3. Установлено повышение качества зерна яровой пшеницы на фоне использования дифференцированного внесения удобрений. Содержание сырой клейковины повышается до 36,8%, стекловидность – до 88% и масса 1000 зерен – до 37,2 г.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Абрамов Н.В., Семизаров С.А., Шерстобитов С.В.* Земледелие с использованием космических систем // *Земледелие*. – 2015. – № 6. – С. 13–18.
2. *Абрамов Н.В., Шерстобитов С.В.* Дифференцированное внесение удобрений с использованием спутниковой навигации // *Агрохимия*. – 2018. – № 9. – С. 40–49.
3. *Алтухов А.И.* Стратегия развития зернопродуктивного подкомплекса – основа разработки схемы размещения и специализации зернового производства в стране // *Вестник Курской ГСХА*. – 2018. – № 5. – С. 146–152.
4. *Афанасьев Р.А.* Агрохимические аспекты точного земледелия // *Проблемы агрохимии и экологии*. – 2010. – № 2. – С. 38–43.
5. *Денисов К.Е., Петров К.А., Григорьев Н.С.* Повышение экономической эффективности растениеводства на основе дифференцированного внесения удобрений в системе точного земледелия // *Наука вчера, сегодня, завтра*. – 2016. – № 5 (27). – С. 72–76.
6. *Галеев Р.Р.* Особенности производства зерновых культур в адаптивном земледелии Западной Сибири. – Новосибирск: Ритм, 2006. – 232 с.
7. *Галеев Р.Р., Мартенков Н.М.* Интенсификация производства зерновых культур в Западной Сибири. – Новосибирск: Агро-Сибирь, 2010. – 169 с.
8. *Галеев Р.Р.* Производство зерновых культур в степной зоне Кулунды. – Новосибирск: Агро-Сибирь, 2012. – 109 с.
9. *Петров А.Ф., Митракова А.Г.* Использование ГИС-технологий в агрономии. – Новосибирск: ИЦ НГАУ «Золотой колос», 192 с.
10. *Галеев Р.Р.* Программирование урожая сельскохозяйственных культур: метод. рекомендации. – Новосибирск, 2016. – 192 с.
11. *Альберт М.А., Галеев Р.Р., Яковлев М.А.* Особенности применения элементов точного земледелия в ЗАО племзавод «Ирмень» // *Актуальные проблемы АПК: сб. науч. тр. Новосиб. ГАУ*. – Новосибирск: ИЦ «Золотой колос», 2021. – С. 111–125.
12. *Эффективность* точного земледелия на выщелоченном черноземе Воронежской области. / В.И. Корчагин, Ю.Л. Кошелев, Н.Г. Мизин [и др.] // *Вестник Воронежского ГАУ*. – 2016. – № 1 (48). – С. 17–23.
13. *Ступина Л.А.* Урожайность яровой пшеницы в зависимости от элементов плодородия серых лесных почв // *Вестник Алтайского ГАУ*. – 2013. – №8 (106). – С. 10–13.
14. *Шерстобитов С.В., Абрамов Н.В.* Урожайность яровой пшеницы при дифференцированном внесении азотных удобрений в режиме off-line // *Известия Оренбургского ГАУ*. – 2019. – № 2 (76). – С. 51–55.
15. *Шоба В.Н., Калинин В.К.* Резервы повышения урожайности яровой пшеницы в лесостепи Западной Сибири // *Достижения науки и техники АПК*. – 2017. – № 6 – С. 31–33.
16. *Colaco A.F., Molin J.P.* Variable rate fertilization in citrus: a long term study // *Precision Agriculture*. – 2017. – N 18. – P. 219–241.
17. *Kutizian J.* The Koros culture // *Dissertationes Pannonicae...* [Bdps]. – t. 1–2, ser. 2, № 23. – 1944–1947. – P. 177.
18. *A.J.W. de Wit, Hendrik Boogaard.* Monitoring of Crop Development and Crop Model Optimisation Using NOAA-AVHRR: Towards an Integrated Satellite and Model-based Crop Monitoring System in the European Context. – Netherlands Remote Sensing Board (BCRS), Programme Bureau, Rijkswaterstaat Survey Department, 2001. – 112 p.
19. *Farinella Z., Morale M.C.* Stimulation of cell division in mouse fibroblast line 3T3 by an extract from *Triticum vulgare* // *Int. J. Tiss. Reac.* – 1986. – Vol. 8. – P. 33.
20. *Shi Y., Zhu Y., Wang X.* Progress and development on biological information of crop phenotype research applied to real-time variable-rate fertilization // *Plant Methods*. – 2020. – N 16. – P. 11.

REFERENCES

1. Abramov N.V., Semizarov S.A., Sherstobitov S.V., *Zemledelie*, 2015, No. 6, pp. 13–18 (In Russ).
2. Abramov N.V., Sherstobitov S.V., *Agrokhimiya*, 2018, No. 9, pp. 40–49 (In Russ).
3. Altukhov A.I., *Vestnik Kurskoy GSKhA*, 2018, No. 5, pp. 146–152 (In Russ).
4. Afanasyev R.A., *Problemy agrokhimii i ekologii*, 2010, No. 2, pp. 38–43 (In Russ).
5. Denisov K.E., Petrov K.A., Grigoriev N.S., *Nauka vchera, segodnya, zavtra*, 2016, No. 5 (27), pp. 72–76 (In Russ).

6. Galeev R.R., *Osobennosti proizvodstva zernovykh kul'tur v adaptivnom zemledelii Zapadnoy Sibiri* (Features of grain crops production in adaptive agriculture of Western Siberia), Novosibirsk: Rhythm, 2006, 232 p.
7. Galeev R.R., Martenkov N.M., *Intensifikatsiya proizvodstva zernovykh kul'tur v Zapadnoy Sibiri* (Intensification of grain crops production in Western Siberia), Novosibirsk: Agro-Siberia, 2010, 169 p.
8. Galeev R.R., *Proizvodstvo zernovykh kul'tur v stepnoy zone Kulundy* (Grain crops production in the Kulunda steppe zone), Novosibirsk: Agro – Siberia, 2012, 109 p.
9. Petrov A.F., Mitrakova A.G., *Ispol'zovanie GIS-tekhnologiy v agronomii* (The use of GIS technologies in agronomy), Novosibirsk: ITs NGAU «Zolotoy kolos», 192 p.
10. Galeev R.R., *Programmirovaniye urozhaya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur* (Programming of crop yield), Methodological recommendations, Novosibirsk, 2016, 192 p.
11. Albert M.A., Galeev R.R., Yakovlev M.A., *Aktual'nye problemy APK* (Actual problems of agriculture) Proceedings of the Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk: ITs NGAU «Zolotoy kolos», 2021, pp. 111–125 (In Russ).
12. Korchagin V.I., Koshelev Yu.L., Mizin N.G. [et al.], *Vestnik Voronezhskogo GAU*, 2016, No. 1 (48), pp. 17–23 (In Russ).
13. Stupina L.A., *Vestnik Altayskogo GAU*, 2013, No. 8 (106), pp. 10–13 (In Russ).
14. Sherstobitov S.V., Abramov N.V., *Izvestiya Orenburgskogo GAU*, 2019, No. 2 (76), pp. 51–55 (In Russ).
15. Shoba V.N., Kalichkin V.K., *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2017, No. 6, pp. 31–33 (In Russ).
16. Kolako A.F., Molin J.P., Application of fertilizers with a variable rate in citrus fruits: a long-term study, *Precision agriculture*, 2017, No. 18, pp. 219–241.
17. Kutzian J., The Korus Culture, *Dissertationspannonikae...* [Bdpst], Vol. 1-2, ser. 2, No. 23, 1944–1947, pp. 177.
18. A.J.W. de Wit, Hendrik Boogaard, Monitoring of Crop Development and Crop Model Optimisation Using NOAA-AVHRR: Towards an Integrated Satellite and Model-based Crop Monitoring System in the European Context, Netherlands Remote Sensing Board (BCRS), Programme Bureau, Rijkswaterstaat Survey Department, 2001, 112 p.-
19. Farinella Z., Morale M.C., Stimulation of cell division in the mouse fibroblast line 3T3 with an extract from *Triticumvulgare*, *Int. J. Tiss. Reak*, 1986, Vol. 8, pp. 33
20. Shi Y., Zhu Y., Wang X., Progress and development on biological information of crop phenotype research applied to real-time variable-rate fertilization, *Plant Methods*, 2020, No. 16, pp. 11.