АГРОНОМИЯ

УДК 633.16:520.84
DOI: 10.36718/1819-4036-2020-1-3-11

В.К. Ивченко, Т.Н. Демьяненко, И.О. Ильченко, А.П. Шевырногов, И.Ю. Ботвич, Д.В. Емельянов, А.А. Ларько, Н.О. Мальчиков

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НАЗЕМНЫХ СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ВЛИЯНИЯ ПРИЕМОВ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ НА ПРОЦЕСС НАРАСТАНИЯ НАДЗЕМНОЙ ФИТОМАССЫ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ В ЗЕРНОПАРОПРОПАШНОМ СЕВООБОРОТЕ*

V.K. Ivchenko, T.N. Demyanenko, I.O. Ilchenko, A.P. Shevyrnogov, I.Yu. Botvich, D.V. Emelyanov, A.A. Larko, N.O. Malchikov

THE USE OF GROUND-BASED SPECTROPHOTOMETRIC MEASUREMENTS TO IDENTIFY THE EFFECT OF BASIC TILLAGE METHODS ON THE PROCESS OF GROWTH OF ABOVE-GROUND PHYTOMASS OF SPRING WHEAT IN GRAIN-CROP ROTATION

Ивченко Владимир Кузьмич – д-р с.-х. наук, проф., зав. каф. общего земледелия Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: v.f.ivchenko@mail.ru

Демьяненко Татьяна Николаевна – канд. с.-х. наук, доц. каф. почвоведения и агрохимии Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск.
E-mail: v.f.ivchenko@mail.ru

Ильченко Ирина Олеговна – асп. каф. общего земледелия Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск.
E-mail: funnypucca@mail.ru

Шевырногов Анатолий Петрович – д-р техн. наук, проф., зав. лаб. экологической информатики Института биофизики СО РАН – обособленного подразделения ФИЦ КНЦ СО РАН, г. Красноярск. E-mail: ap_42@mail.ru

Ботвич Ирина Юрьевна – мл. науч. сотр. лаб. экологической информатики Института биофизики СО РАН – обособленного подразделения ФИЦ КНЦ СО РАН, г. Красноярск.
E-mail: irina.pugacheva@mail.ru

Ivchenko Vladimir Kuzmich – Dr. Agr. Sci., Prof., Head, Chair of General Agriculture, Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk.
E-mail: v.f.ivchenko@mail.ru

Demyanenko Tatyana Nikolaevna – Cand. Biol. Sci., Assoc. Prof., Chair of Soil Science and Agrochemistry, Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk.
E-mail: v.f.ivchenko@mail.ru

Ilchenko Irina Olegovna – Post-Graduate Student, Chair of Soil Science and Agrochemistry, Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk.
E-mail: funnypucca@mail.ru

Shevyrnogov Anatoly Petrovich – Dr. Techn. Sci., Prof., Head, Lab. of Ecological Informatics, Institute of Biophysics SB RAS – Separate Division of RC KRC Branch SB RAS, Krasnoyarsk.
E-mail: ap_42@mail.ru

Botvich Irina Yuryevna – Junior Staff Scientist, Lab. of Ecological Informatics, Institute of Biophysics SB RAS – Separate Division of RC KRC Branch SB RAS, Krasnoyarsk.
E-mail: irina.pugacheva@mail.ru

**Исследование выполнено при поддержке Красноярского краевого фонда науки в рамках реализации проекта «Разработка и апробация методов контроля земель сельскохозяйственного назначения для создания системы точного земледелия».*

Емельянов Дмитрий Владимирович – инженер лаб. экологической информатики Института биофизики СО РАН – обособленного подразделения ФИЦ КНЦ СО РАН, г. Красноярск.
E-mail: dima9526@gmail.com
Ларько Александр Александрович – вед. математик лаб. экологической информатики Института биофизики СО РАН – обособленного подразделения ФИЦ КНЦ СО РАН, г. Красноярск.
E-mail: lantar@inbox.ru
Мальчиков Никита Олегович – инженер лаб. экологической информатики Института биофизики СО РАН – обособленного подразделения ФИЦ КНЦ СО РАН, г. Красноярск.
E-mail: dima9526@gmail.com

Emelyanov Dmitry Vladimirovich – Engineer, Lab. of Ecological Informatics, Institute of Biophysics SB RAS – Separate Division of RC KRC Branch SB RAS, Krasnoyarsk.
E-mail: dima9526@gmail.com
Larko Alexander Alexandrovich – Leading Mathematician, Lab. of Ecological Informatics, Institute of Biophysics SB RAS – Separate Division of RC KRC Branch SB RAS, Krasnoyarsk.
E-mail: lantar@inbox.ru
Malchikov Nikita Olegovich – Engineer, Lab. of Ecological Informatics, Institute of Biophysics SB RAS – Separate Division of RC KRC Branch SB RAS, Krasnoyarsk.
E-mail: dima9526@gmail.com

Цель исследований – установить возможность использования спектрофотометрических измерений высокого спектрального разрешения для выявления динамики нарастания зеленой массы яровой пшеницы, размещенной после кукурузы, и формирование базы эталонных характеристик спектрального отражения для интерпретации спутниковых данных. Задачи исследований: изучить динамику нарастания надземной фитомассы яровой пшеницы по фазам развития в течение вегетационного периода; определить величину надземной фитомассы яровой пшеницы в сыром состоянии; установить спектры отражения посевов яровой пшеницы в течение вегетационного периода по фазам развития. Схема пятипольного зернопаропропашного севооборота, который развернут во времени и в пространстве, включала следующие культуры: сидеральный пар – яровая пшеница – ячмень – кукуруза – яровая пшеница. Повторность в опыте – четырехкратная. Расположение делянок двухъярусное, систематическое. Схема опыта включала следующие варианты: 1) отвальная обработка (вспашка на 20–22 см); 2) безотвальная обработка (плоскорезное рыхление на 20–22 см); 3) минимальная обработка (дискование на 8–10 см); 4) без основной обработки почвы. Агротехника возделывания яровой пшеницы – общепринятая для данной почвенно-климатической зоны. Посевы яровой пшеницы располагались на двух фонах – удобренный (минеральные азотные удобрения в виде аммиачной селитры вносили в дозе 35,0 кг/га д.в.) и без удобрений. На основании использования классического метода учета надземной фитомассы и наземных спектрофотометрических измерений высокого спектрального разрешения в период нарастания надземной фитомассы яровой пшеницы установлено, что использование коэффициента спектральной яркости адекватно отражает динамику нарастания надземной фитомассы яровой пшеницы, размещаемой после кукурузы. Наиболее существенный вклад в формирование величины фитомассы яровой пшеницы в период кущения вносят способы основной обработки почвы (32,2 %) и почвенный покров (35,6 %). Сформирована база эталонных характеристик отражения посевов яровой пшеницы на различных вариантах основной обработки почвы для интерпретации спутниковых данных.

Ключевые слова*: обработка почвы, минеральные удобрения, яровая пшеница, надземная фитомасса, наземная спектрометрия, коэффициент спектральной яркости.*

The purpose of the researches was to establish the possibility of using spectrophotometric measurements of high spectral resolution for the identification of the dynamics of increasing green material of spring wheat placed after corn, and the formation of the basis of reference characteristics of spectral reflection for the interpretation of satellite data. The research problems were to study the dynamics of the increase of aboveground phytomass of spring wheat on the development phases during vegetative period; to determine the size of aboveground

phytomass of spring wheat in crude state; to establish the ranges of reflection of crops of spring wheat during vegetative period on the development phases. The scheme of five-field corn tillage crop rotation developed in time and space included the following cultures: sidereal bare fallow – spring wheat – barley – corn – spring wheat. The frequency in the experiment was quadruple. The arrangement of allotments was two-story, systematic. The scheme of experiment included the following options: 1) dump processing (plowing on 20–22 cm); 2) subsurface processing (flat loosening on 20–22 cm); 3) the minimum processing (disking on 8–10 cm); 4) without the main soil processing. The agrotechnology of cultivation of spring wheat was standard for this soil and climatic zone. The crops of spring wheat settled down on two backgrounds – fertilized (mineral nitric fertilizers in the form of ammonium nitrate brought 35.0 kg/hectare a.m. in a dose) and without fertilizers. On the basis of using classical method of the accounting of aboveground phytomass and land spectrophotometric measurements of high spectral resolution during the increase of aboveground phytomass of spring wheat it was established that using the coefficient of spectral brightness adequately reflected the dynamics of the increase of aboveground phytomass of the spring wheat placed after corn. The most essential contribution to the formation of the size of phytomass of spring wheat in the period of tillering is made by ways of the main processing of the soil (32.2 %) and soil cover (35.6 %). The base of reference characteristics of reflection of crops of spring wheat on various options of the main processing of the soil for interpretation of satellite data was created.

***Keywords**: soil cultivation, mineral fertilizers, spring wheat, above-ground phytomass, ground-based spectrometry, spectral brightness coefficient.*

Введение. Внедрение новых энергосберегающих технологий в системе основной обработки почвы в Красноярском крае с каждым годом нарастает и проводится уже на 70 % посевной площади [1]. Повсеместный переход от отвальной системы основной обработки почвы на поверхностную в условиях высокой естественной пестроты почвенного плодородия способен изменить динамику нарастания надземной биомассы культурных растений, и, в конечном итоге, оказать влияние на уровень урожайности [7].

Немаловажным является и тот факт, что на динамику нарастания надземной фитомассы оказывает влияние целый ряд факторов, таких как биологические особенности культурных растений, а также агротехнические приемы. Это, прежде всего, система основной обработки почвы, предшественники, система удобрений и т. д.

Применение минеральных удобрений требует обязательной систематизации [2], т. е. четкого соответствия норм и сроков внесения актуальным требованиям культуры, которые, в свою очередь, определяются рядом факторов, в том числе и пестротой почвенного плодородия.

Одним из таких современных методов оптимизации доз минеральных удобрений является применение технологий дистанционного зондирования, которые позволяют оценить динамику нарастания надземной биомассы культурных растений в течение вегетационного периода и, в конечном итоге, обеспечить достоверный прогноз урожайности полевых культур.

Ранее проведенными исследованиями установлено [3], что с развитием растений ячменя и нарастанием надземной фитомассы коэффициент спектральной яркости существенно изменяется.

Однако для дифференцированного внесения минеральных удобрений необходимо знать контуры элементарных участков на полевом массиве с тем, чтобы вносить туки в полном соответствии с наличием элементов питания в почве.

Цель исследований: установить возможность использования спектрофотометрических измерений высокого спектрального разрешения для выявления динамики нарастания зеленой массы яровой пшеницы, размещенной после кукурузы, и сформировать базу эталонных характеристик спектрального отражения для интерпретации спутниковых данных.

Задачи исследований:

– изучить динамику нарастания надземной фитомассы яровой пшеницы по фазам развития в течение вегетационного периода;

– определить величину надземной фитомассы яровой пшеницы в сыром состоянии;

– установить спектры отражения посевов яровой пшеницы в течение вегетационного периода по фазам развития.

Объекты и методы исследований. Исследования проведены в полевом опыте кафедры общего земледелия и защиты растений, заложенном в учебно-опытном хозяйстве «Миндерлинское», которое расположено условиях Красноярской лесостепи.

Схема пятипольного зернопаропропашного севооборота, который развернут во времени и пространстве, включала следующие культуры: сидеральный пар – яровая пшеница – ячмень – кукуруза – яровая пшеница. Повторность в опыте – четырехкратная. Расположение делянок – двухъярусное, систематическое.

Схема опыта включала следующие варианты:

1. Отвальная обработка (вспашка на 20–22 см).
2. Безотвальная обработка (плоскорезное рыхление на 20–22 см).
3. Минимальная обработка (дискование на 8–10 см).
4. Без основной обработки почвы.

Агротехника возделывания яровой пшеницы – общепринятая для данной почвенно-климатической зоны [5].

Посевы яровой пшеницы располагались на двух фонах – удобренный (минеральные азотные удобрения в виде аммиачной селитры вносили в дозе 35,0 кг/га д. в.) и без удобрений.

Общая площадь опыта с посевами яровой пшеницы составляла около 2 га. Почвенный покров в пределах участка, занятого пшеницей после кукурузы, неоднороден и представлен пятью контурами, два из которых элементарные почвенные ареалы, приуроченные к линейным понижениям в рельефе (наиболее контрастный агрочернозем гидрометаморфизованный мощный (АЧгм'") (формула профиля *PU-AU-AUB-Bg-Cg*), и агрочернозем глинисто-иллювиальный среднемощный (АЧги") (*PU-AU-AUB-Bl-Bmcg-Cca*) [4]. Остальные контуры – это пятнистости, ведущими компонентами в которых являются агрочерноземы глинисто-иллювиальные мало- и среднемощный. Им везде сопутствуют агрочерноземы криогенно-мицеллярные мелкие (профиль *PU-AUB-Bmc-Cca*). В самом крупном контуре третьим компонентом является агрочернозем глинисто-иллювиальный оподзоленный (*PU-AUe-Ble-C*) (до 10 % от площади контура).

При отборе растительных образцов учитывалась их принадлежность к конкретному почвенному контуру. Отбор растительных образцов зеленой массы яровой пшеницы проводили в течение вегетационного периода в соответствии с фенологическими фазами развития растений.

Проведение спектрофотометрических измерений высокого спектрального разрешения в период нарастания надземной фитомассы яровой пшеницы осуществлялось спектрорадиометром Spectral Evolution PSR-1100F, производящим измерения коэффициента спектральной яркости (КСЯ) объекта в диапазоне от 320 до 1100 нм.

Результаты исследований и их обсуждение. Условия роста и развития яровой пшеницы в течение вегетационного периода существенным образом отличались от среднемноголетних данных. В частности, наиболее острозасушливые условия характерны для июня и августа, когда среднесуточная температура воздуха превосходила среднемноголетние данные соответственно на 5,4 и 4,5 °С, а сумма осадков не превышала 43,4 и 33,4 % среднемноголетних данных.

Крайне неравномерное распределение атмосферных осадков в течение вегетационного периода и повышенная среднемесячная температура воздуха в июне и августе негативно сказались на урожайности зерна яровой пшеницы.

Изучение динамики изменения влажности метрового слоя почвы показало, что минимальное количество доступной влаги в метровом слое почвы отмечено в период цветения яровой пшеницы (рис. 1).

И только благодаря возросшему количеству выпавших атмосферных осадков в сентябре запасы доступной влаги в почве увеличились.
Таким образом, самые неблагоприятные условия для роста и развития яровой пшеницы сложились в период цветения, когда запасы в почве снизились до критического уровня. Это отрицательно повлияло на величину надземной фитомассы данной культуры, поскольку известно, что основным лимитирующим фактором, ограничивающим рост урожайности культур в условиях лесостепи Красноярского края, является влага [6].

Максимальная величина фитомассы яровой пшеницы отмечена в фазу цветения на всех вариантах полевого опыта (рис. 2).

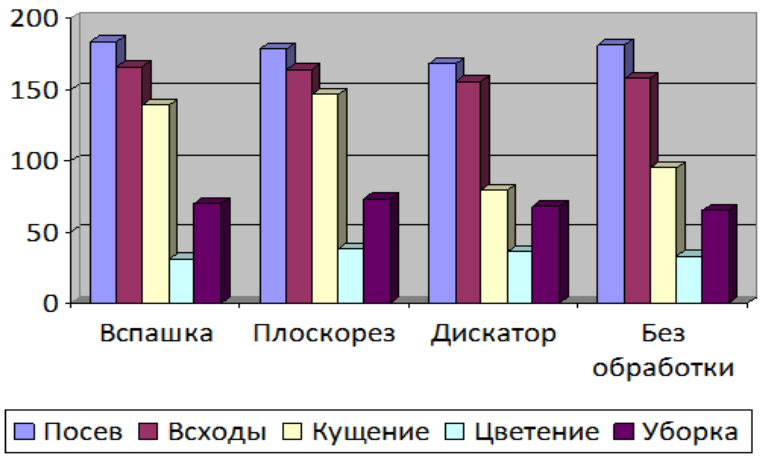

Рис. 1. Запасы доступной влаги под посевами яровой пшеницы по кукурузе в течение вегетационного периода 2018 г., мм

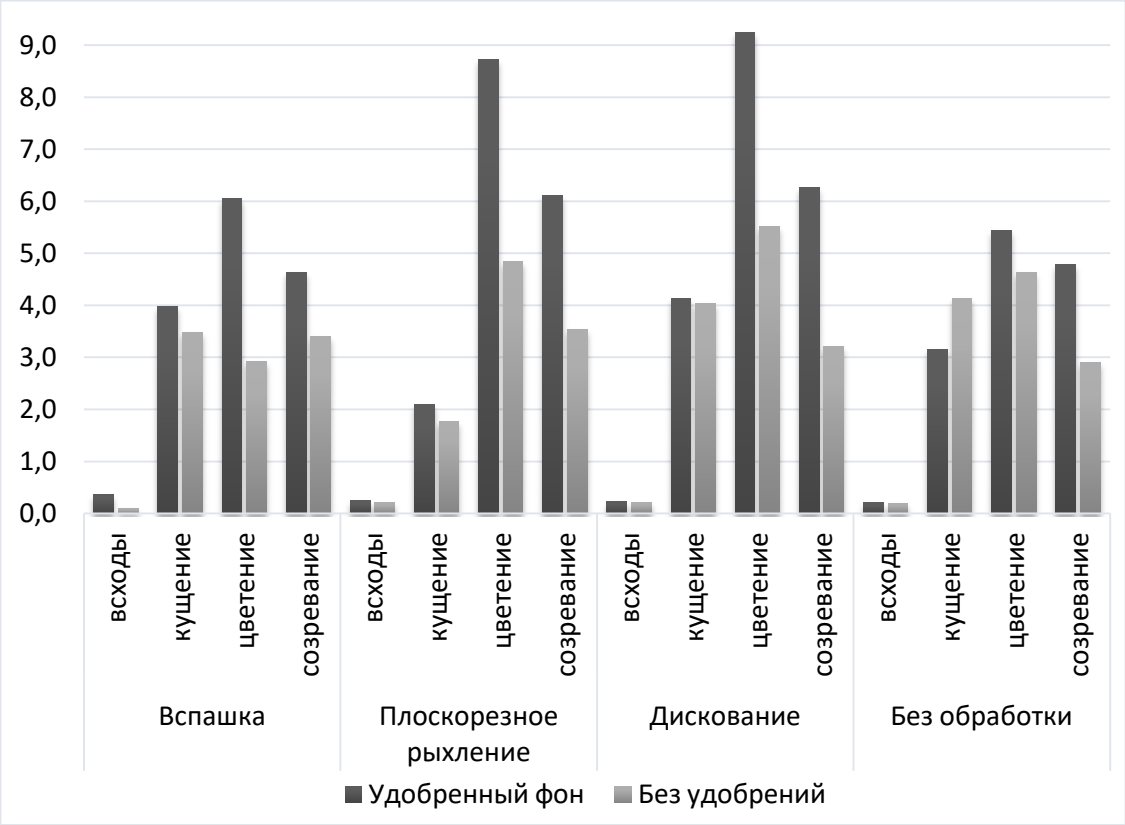

Рис. 2. Запасы сырой надземной фитомассы яровой пшеницы после кукурузы в течение вегетационного периода 2018 г., т/га

Результаты измерений динамики нарастания и запасов сырой фитомассы яровой пшеницы после кукурузы в течение вегетационного периода свидетельствуют о высокой вариабельности данного признака (табл. 1). Особенно значительно его варьирование в начале вегетации (до 90,5 %). К уборке по всем вариантам ситуация стабилизируется и вариабельность не превышает 28 %.

Таблица 1

Запасы сырой фитомассы яровой пшеницы после кукурузы по срокам вегетации на различных вариантах опыта, ц/га

Показатель	Вспашка		Плоскорезная обработка		Дискование		Без обработки	
	Фон		Фон		Фон		Фон	
	удобр.	неудобр.	удобр.	неудобр.	удобр.	неудобр.	удобр.	неудобр.
Всходы								
Хср	3,6	1,0	2,4	2,1	2,2	2,2	2,0	2,0
m	1,2	0,3	1,3	1,0	0,8	0,4	0,3	0,7
Sx	2,4	0,5	2,2	1,7	1,7	0,7	0,7	1,4
V, %	67,4	49,9	90,5	82,4	74,4	33,4	34,0	70,7
Кущение								
Хср	39,7	34,8	21,0	17,7	41,2	40,4	31,5	41,3
m	6,9	4,0	6,6	3,1	10,0	5,5	7,9	8,5
Sx	13,8	8,0	11,5	5,3	19,9	11,0	15,9	17,0
V, %	34,6	23,1	28,7	13,2	48,4	27,3	50,4	41,2
Цветение								
Хср	60,6	29,2	87,2	48,4	92,4	55,1	54,3	46,3
m	10,8	4,5	5,6	10,0	14,5	9,4	15,2	6,9
Sx	21,5	7,9	11,1	19,9	29,0	18,8	30,3	13,9
V, %	35,6	19,6	12,8	41,2	31,3	34,1	55,9	30,0
Созревание								
Хср	46,2	34,0	61,1	35,3	62,7	32,0	47,8	29,0
m	3,8	4,8	8,5	1,3	5,2	1,7	4,7	3,3
Sx	7,6	9,5	16,9	2,5	10,4	3,4	9,4	6,7
V, %	16,4	28,0	27,7	7,2	16,6	10,6	19,7	23,1

В начале вегетации существенных различий фитомассы по вариантам опыта не выявлено (табл. 2). Влияние отдельных факторов начинает проявляться в фазу кущения. В этот период существенный вклад в формирование фитомассы вносят способ обработки (32,8 %) и почвенный покров (35,6 %). Самым медленным развитием в этот период отличались растения на варианте с глубоким рыхлением, а наибольшую фитомассу формировала пшеница в наиболее увлажненных почвенных условиях на агрочерноземе гидрометаморфизованном и среднемощном глинисто-иллювиальном.

Таблица 2

Результаты факторного дисперсионного анализа при сравнении фитомассы яровой пшеницы по кукурузе

Фактор	Фаза вегетации	F	P-значение	F критич.	ПСВ, %
1	2	3	4	5	6
Способ обработки	Всходы	0,067	0,977	3,009	0,7
	Кущение	4,138	0,017		32,8
	Цветение	3,650	0,027		20,3
	Созревание	2,276	0,105		8,6

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5	6
Фон	Всходы	2,126	0,158	4,260	6,9
	Кущение	0,001	0,973		0,00
	Цветение	16,003	0,001		29,7
	Созревание	43,962	0,000		55,5
Взаимодействие	Всходы	1,440	0,256	3,009	14,1
	Кущение	0,492	0,691		3,9
	Цветение	0,979	0,419		5,4
	Созревание	1,497	0,241		5,7
Почвы	Всходы	0,638	0,641	2,776	9,6
	Кущение	3,450	0,022	2,759	35,6
	Цветение	3,139	0,031	2,743	32,6
	Созревание	0,925	0,464	2,728	12,1

В фазу цветения проявляется влияние всех трех факторов. Стабильно более высокой продуктивностью отличаются растения, формирующиеся на более увлажненных агрочерноземах и варианте с поверхностным рыхлением. Очевидно, что в этот экстремально сухой период наибольшее влияние оказывает влагообеспеченность культуры.

В этот же период прослеживается достоверно положительное влияние удобренного фона. И если в фазу созревания влияние факторов «способ обработки» и «почвы» нивелируется, то роль удобрений становится ведущей. По всем вариантам обработок продуктивность пшеницы по удобренному фону достоверно выше.

На рисунках 3 и 4 представлены графики изменений КСЯ яровой пшеницы в течение вегетационного периода на вариантах с разными способами основной обработки почвы с учетом вносимых удобрений.

Все графики показывают четкое изменение спектральной отражательной способности посевов в различные периоды сезонной вегетации. Увеличение коэффициента спектральной яркости при обработке «вспашка» положительно проявляется по данным съемки в августе. Анализ обработки типа «плоскорез» показывает, что величина КСЯ при внесении удобрений существенно меньше (20–25 %). При поверхностной обработке наблюдается та же тенденция, что и при «плоскорезной», т. е. участки с удобрением показывают меньшее значение коэффициента спектральной яркости. А для участков при нулевой обработке почв видно, что внесение удобрений имеет положительный характер. В августе и сентябре КСЯ выше примерно на 20 %.

В целом анализ всех графиков показывает типичную картину для спектральной отражательной способности посевов в течение всего вегетационного периода: рост коэффициента спектральной яркости с максимумом в июле и падением в августе, сентябре.

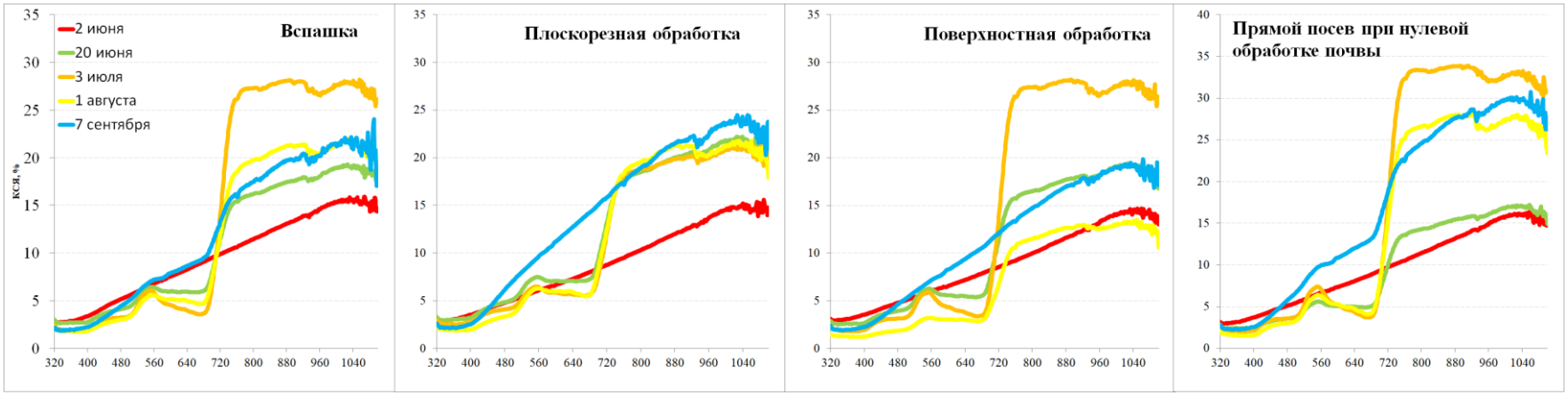

Рис. 3. Графики изменений КСЯ яровой пшеницы в разные периоды вегетации при внесении удобрений

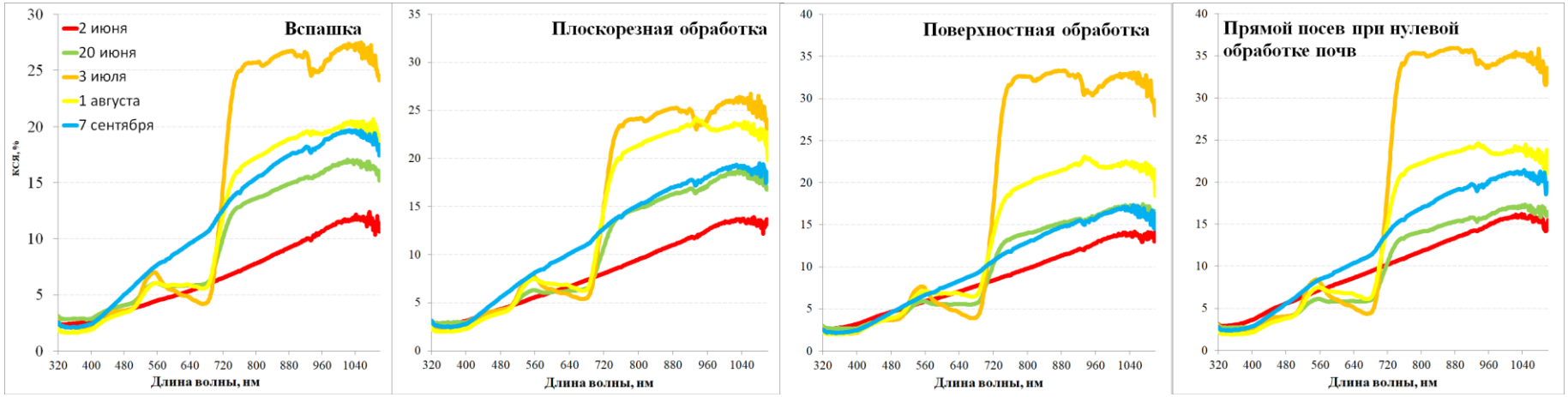

Рис. 4. Графики изменений КСЯ яровой пшеницы в разные периоды вегетации без внесения удобрений

Выводы. На основании использования классического метода учета надземной фитомассы и наземных спектрофотометрических измерений высокого спектрального разрешения в период нарастания надземной фитомассы яровой пшеницы установлено, что использование коэффициента спектральной яркости адекватно отражает динамику нарастания надземной фитомассы яровой пшеницы, размещаемой после кукурузы.

Наиболее существенный вклад в формирование величины фитомассы яровой пшеницы в период кущения вносят способы основной обработки почвы (32,2 %) и почвенный покров (35,6 %).

Сформирована база эталонных характеристик отражения посевов яровой пшеницы на различных вариантах основной обработки почвы для интерпретации спутниковых данных.

Литература

1. *Брылев С.В.* Итоги работы и перспективы развития отрасли растениеводства в Красноярском крае // Инновационные технологии производства продуктов растениеводства: рекомендации / под общ. ред. *С.В. Брылева*. – Красноярск, 2011. – С. 3–10.
2. *Еремина Д.В.* Математическая модель минерального питания яровой пшеницы по результатам многолетних исследований Государственного аграрного университета Северного Зауралья // Вестн. КрасГАУ. – 2017. – № 1. – С. 14–19.
3. *Ивченко В.К., Демьяненко Т.Н., Шевырногов А.П., Ботвич И.Ю.* и др. Оценка агротехнических факторов возделывания ячменя по ресурсосберегающим технологиям с помощью наземной спектрометрии // Вестн. КрасГАУ. – 2019. – № 5. – С. 86–93.
4. *Шишов Л.Л., Тонконогов В.Д., Лебедева И.И., Герасимова М.И.* Классификация и диагностика почв России. – Смоленск: Ойкумена, 2004. – 342 с.
5. Система земледелия Красноярского края на ландшафтной основе: науч.-практ. рекомендации / под общ. ред. *С.В. Брылева*. – Красноярск, 2017. – 224 с.
6. *Скляднев Н.В.* Водный режим почвы и растений в полевых севооборотах // Пути повышения продуктивности сельскохозяйственных культур. – Красноярск, 1970. – С. 237–244.
7. *Чупрова В.В., Демьяненко Т.Н., Жуков З.С., Бабиченко Ю.В.* Оценка плодородия почв и почвенных комбинаций пахотных земель Красноярской лесостепи // Почвоведение и агрохимия. – 2015. – № 2 (55). – С. 47–56.

Literatura

1. *Brylev S.V.* Itogi raboty i perspektivy razvitiya otrasli rastenievodstva v Krasnoyarskom krae // Innovacionnye tekhnologii proizvodstva produktov rastenievodstva: rekomendacii / pod obshch. red. *S.V. Bryleva*. – Krasnoyarsk, 2011. – S. 3–10.
2. *Eremina D.V.* Matematicheskaya model' mineral'nogo pitaniya yarovoj pshenicy po rezul'tatam mnogoletnih issledovanij Gosudarstvennogo agrarnogo universiteta Severnogo Zaural'ya // Vestn. KrasGAU. – 2017. – № 1. – S. 14–19.
3. *Ivchenko V.K., Dem'yanenko T.N., Shevyrnogov A.P., Botvich I.Yu.* i dr. Ocenka agrotekhnicheskih faktorov vozdelyvaniya yachmenya po resursosberegayushchim tekhnologiyam s pomoshch'yu nazemnoj spektrometrii // Vestn. KrasGAU. – 2019. – № 5. – S. 86–93.
4. *Shishov L.L., Tonkonogov V.D., Lebedeva I.I., Gerasimova M.I.* Klassifikaciya i diagnostika pochv Rossii. – Smolensk: Ojkumena, 2004. – 342 s.
5. Sistema zemledeliya Krasnoyarskogo kraya na landshaftnoj osnove: nauch.-prakt. rekomendacii / pod obshch. red. *S.V. Bryleva*. – Krasnoyarsk, 2017. – 224 s.
6. *Sklyadnev N.V.* Vodnyj rezhim pochvy i rastenij v polevyh sevooborotah // Puti povysheniya produktivnosti sel'skohozyajstvennyh kul'tur. – Krasnoyarsk, 1970. – S. 237–244.
7. *Chuprova V.V., Dem'yanenko T.N., Zhukov Z.S., Babichenko Yu.V.* Ocenka plodorodiya pochv i pochvennyh kombinacij pahotnyh zemel' Krasnoyarskoj lesostepi // Pochvovedenie i agrohimiya. – 2015. – № 2 (55). – S. 47–56.