

С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университетінің Ғылым жаршысы (пәнаралық) = Вестник науки Казахского агротехнического университета им. С.Сейфуллина (междисциплинарный). -2022 -№1 (112). – С. 153-163

ПРОДУКТИВНОСТЬ СОРТООБРАЗЦОВ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ, ОТОБРАННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ RGB ИЗОБРАЖЕНИИ

Ыдырыс Айкерим Асылбекқызы

PhD докторант, Казахский национальный аграрный исследовательский университет,

г. Алматы, Казахстан;

старший научный сотрудник Казахский научно-исследовательский институт земледелия и растениеводства,

г. Алматы, Казахстан.

E-mail: kerem.ydyrys@mail.ru

Сарбаев Амангельды Таскалиевич

Доктор с.-х. наук, академик АСХН РК, Казахский научно-исследовательский институт земледелия и растениеводства

г. Алматы, Казахстан;

ассоциированный профессор Казахский национальный аграрный исследовательский университет,

г. Алматы, Казахстан.

E-mail: kizamans2@mail.ru

Есимбекова Минура Ахметовна

Доктор биол. наук, Казахский научно-исследовательский институт земледелия и растениеводства,

г. Алматы, Казахстан.

E-mail: minura.esimbekova@mail.ru

Дубекова Салтанат Бакытжановна

PhD докторант, Казахский национальный аграрный исследовательский университет,

г. Алматы, Казахстан;

младший научный сотрудник

Казахский научно-исследовательский институт земледелия и растениеводства,

г. Алматы, Казахстан.

E-mail: funny.kind@mail.ru

Аннотация

С использованием обычных цифровых камер с соответствующими программными обеспечениями для анализа RGB изображений можно оценить не только зеленую биомассу, но и другие характеристики растительности. Ряд простых операций с цветовыми гаммами может предоставить множество параметров, которые могут быть потенциально использованы в качестве индикаторов характеристики растительности. В статье приведены результаты исследования по определению набора индексов растительности с помощью анализа RGB изображений в качестве критерия для отбора высокопродуктивных образцов яровой пшеницы. В результате проведенного анализа изображений RGB выделены образцы с наилучшими показателями цветовых параметров, где установлены высокие показатели урожайности по сравнению с остальными изученными образцами. Как и индекс NDVI цветовые параметры обеспечивают более надежный прогноз продуктивности сортообразцов в мелкоделяночных селекционных опытах.

Ключевые слова: яровая пшеница; анализ изображений; NDVI; отбор

Введение

Казахстан является лидером по производству пшеницы и общая площадь посева её в 2021 году достигало 12,9 млн. га, что соответствует более 80% от общей площади данной культуры в Центральной Азии. Основные посевные площади под яровую пшеницу расположены в Акмолинской (3,9 млн.га), Костанайской (3,6 млн.га) и в Северо-Казахстанской области (2,4 млн.га) [1]. Объем собранного зерна в самом аномально-засушливом 2021 году, превышал 16,4 млн. тонн, при средней урожайности 10,3 ц/га [2]. Между тем, эффективность производства растениеводческой продукции предполагает баланс между минимизацией экологического ущерба и максимизацией урожайности. В данном контексте, технология дистанционного зондирования различных масштабов становится подходящим

инструментом для мониторинга состояния возделываемых культур и вызывает повышенный интерес среди аграриев. В частности, с помощью беспилотного летательного аппарата можно осуществлять более точный мониторинг за счет низких высот полета и получаемых данных с высокой разрешительной возможностью. К тому же, спутниковые изображения становятся коммерчески доступными для многих сельскохозяйственных приложений [3,4]. Между тем, их пространственное разрешение остается все еще низким для размеров участка, используемого в селекционных программах [5].

С использованием обычных цифровых камер с соответствующими программами для анализа изображений можно оценить не только зеленую биомассу но и другие

характеристики растительности. Ряд простых операций с цветовыми гаммами может предоставить множество параметров, которые могут быть потенциально использованы в качестве индикаторов характеристики растительности [6]. Измерение параметра площади зеленой поверхности растительного покрова с течением времени позволяет определить потенциальную урожайность культуры. Оценка фотосинтетической площади вместе с соответствующими характеристиками, такими как зеленая биомасса и общее количество сухого вещества, представляет практический интерес для селекционных программ [6,7].

По литературным источникам в цветовой модели Hue Saturation Intensity (далее HSI) компонент Hue (далее H) уже использовался в качестве индикатора качества газона, измеренного колориметром или

Материалы и методы

Исследования проведены в условиях юго-востока Казахстана. Тест-объекты: сорта Казахстанско-Сибирской сети улучшения яровой мягкой пшеницы (14 КАСИБ-ЯМП). Они предоставлены 26-ю генотипами из 12 оригинаторов: Актюбинская СХОС, Зыряновский ССОП ВКНИИСХ, ВКНИИСХ, КазНИИЗиР, Карабалыкская СХОС, Карагандинский НИИРиС, Павлодарский НИИСХ, ИББР, Фитон, Фитон-СИММИТ, Фитон-

цифровыми изображениями, который не зависит от яркости и стабилен в условиях освещения [8].

Другими цветовыми компонентами, которые могут представлять интерес в качестве индекса растительности, могут быть компоненты a^* и c^* из цветовых пространств CIE-Lab и CIE-Lub соответственно которые представляют зеленый компонент цветности [9,10]. Все три компонента популярной цветовой модели Red Green Blue (RGB) зависят от яркости, и, следовательно, это может быть непрактичным для сравнения цветов образцов, полученных в полевых условиях.

В этой связи, целью настоящих исследований являлись определение и использование набора индексов растительности на основе анализа RGB изображений в качестве критерия для отбора высокопродуктивных образцов яровой пшеницы.

Экада и КазНИИЗХ. Площадь делянки по 2 м², повторность опыта 3-х кратная. В качестве стандартов использованы местные сорта с различными группами спелости.

Для получения цифровых изображений пользовались цифровым фотоаппаратом модели Canon EOS 600D+EF-S 18-55 III Kit с разрешением - 18.7 МПикс, размер матрицы CMOS (22,3 x 14,9 мм), фокусное расстояние оптики – 18-55 мм (27-82,5 мм. экв.).

Вегетационные индексы (NDVI) оценены с помощью ручного датчика Trimble GreenSeeker. Расстояние между растениями и камерой 80-110 см с фокусировкой близко к центру участка. Все цифровые изображения собраны в формате JPEG с глубиной цвета 24 миллиона цветов и размером изображения 5184 x 3456 пикселей.

$$GSD = \frac{(SW \times H)}{(FL \times IW)}; \quad DW = GSD \times DH; \quad DH = GSD \times IH; \quad A = DW \times DH;$$

$$GA \text{ m}^2 = GA \times A; \quad GGA \text{ m}^2 = GGA \times A$$

где, GSD (Ground Sampling Distance) – расстояние от земли (см/ пиксель), SW (sensor width of Cam) – ширина сенсора камеры (мм), H (Height of Cam) – высота камеры над растением (м), FL (focal length) - фокусное расстояние камеры (мм), IW (image width) – ширина изображения (пиксель), DW - ширина одиночного изображения. отпечаток на земле (м), DH - высота отпечатка одиночного изображения на земле (м), IH - высота изображения (пиксель), A - площадь земли на изображении (м²). В значения индекса (GA) после анализа изображения определялись с помощью BreedPix – программного обеспечения с открытым исходным кодом [11], реализованное как часть подключаемого модуля MaizeScanner [12], разработанного на основе ImageJ (Fiji).

Используемое цветовое пространство HSI (рис. 1) – как модель при обработке изображений, представлял каждый цвет с тремя компонентами: Hue

Анализ изображения проведен с применением программного обеспечения Fiji, Java 8 и соответствующего плагина, созданный организацией CIMMYT.

Индексы растительности RGB изображении – зеленая зона на м² (далее GA m²) и более зеленая зона (далее GGA m²) рассчитаны по формуле [9]:

(отенок), Saturation (насыщенность, далее S) и Intensity (интенсивность, далее I). Компонент H описывает сам цвет в виде угла между 0-360 градусами: 0° означает красный, 60° - желтый, 120° - зеленый, 240° - синий, 300° - пурпурный. А компонент S сигнализирует, насколько цвет загрязнен белым цветом. Диапазон компонента S находится между 0 и 1, где 0 означает черный, а 1 означает белый цвет. H имеет большее значение, когда S приближается к 1, и менее значимо, когда S приближается к 0 или когда I (интенсивность) приближается к 0 или 1, соответственно.

Цветовое пространство CIE L*a*b (рис. 2) – наиболее полная цветовая модель, традиционно используемая для описания всех цветов, видимых человеческим глазом. Три параметра в модели представляют яркость цвета (L = 0 означает черный, а L = 100 означает белый), его положение между пурпурным и зеленым (a, отрицательные значения указывают

на зеленый, а положительные значения указывают на пурпурный) и его положение между желтым и синим (b, отрицательные значения

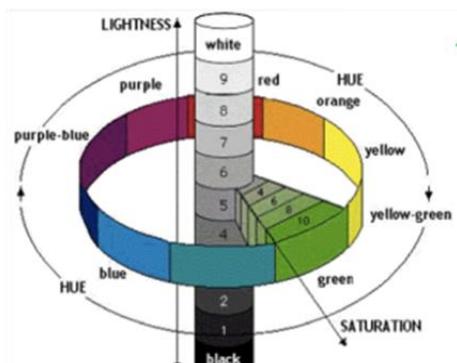


Рисунок 1 – Цветовое пространство HSI (электронный ресурс <https://support.cognex.com>)

Погодные условия вегетационного периода 2021 г. сопровождались аномально засушливыми явлениями. В весенний период температурный режим был повышенным, а распределение осадков по месяцам – неравномерным. Среднесуточная температура воздуха в апреле (12,4°C) превышало норму 10,4°C на 2°C. Погодные условия мая для роста и развития пшеницы оказались неблагоприятными, так как уровень среднемесячной температуры воздуха достиг

Результаты

Для определения набора индексов растительности на основе изображения RGB и оценки их эффективности были получены снимки образцов, еженедельно, начиная с фазы колошения до полной спелости яровой пшеницы. Для сравнительного анализа полученных индексов растительности в период вегетации

обозначают синий, положительные значения обозначают желтый) [13-15].

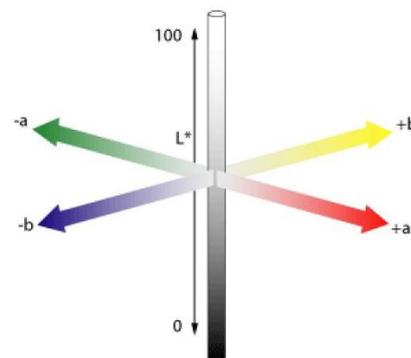


Рисунок 2 – Цветовое пространство CIE-L * a * b (электронный ресурс <http://www.appstate.edu>)

19,4°C, что превышал норму (16,4°C) на 3°C. Значительный дефицит осадков составил 20 мм. В июне отмечалось повышение среднемесячной температуры воздуха на 1,9°C по сравнению со среднемноголетними значениями при недостатке осадков 33 мм от среднемноголетнего значения (53,9 мм). Все это отрицательно сказывалось на развитии растений в онтогенезе, особенно в формировании генеративных органов, что в целом существенно снижало их продуктивность.

2021 г. параллельно в те же дни 15.06, 22.06., 30.06., 07.07., 09.07., 14.07. проведены оценки NDVI с использованием портативного ручного датчика Trimble GreenSeeker. При этом наиболее четкие индексы растительности получены в фазе налива зерна (30.06.).

В период вегетации максимальный уровень индекса NDVI составило 0,52. Значение данного показателя (0,52) из-за засухи характеризовало среднее развитие по принятой шкале NDVI. При таком уровне данного показателя ожидалось получение на 30% ниже потенциальной урожайности. Поскольку NDVI связан с зеленой биомассой растений, а урожайность некая процентная часть биомассы. В благоприятные годы индекс может достигать до 0,8. В фазе молочно восковой спелости зерна данный показатель снижался до 0,30-0,35 то есть до низкого его значения. При этом происходило интенсивное пожелтение,

ускоренное отмирание листьев на верхнем ярусе. При этом, максимальная урожайность изучаемых образцов яровой пшеницы составляла 13,6 ц/га при среднем значений 8,63 ц/га, что на 1,5 раза ниже по сравнению с урожаем в благоприятные годы.

Полученные изображения с использованием программного обеспечения Fiji, ImageJ были преобразованы из красно-зеленого в другие цветовые пространства. Они автоматически преобразованы компонентами программы RGB, HIS (Hue, Intensity, Saturation, далее HIS), CIE-Lab и CIE-Luv, GA и GGA (рис. 3).

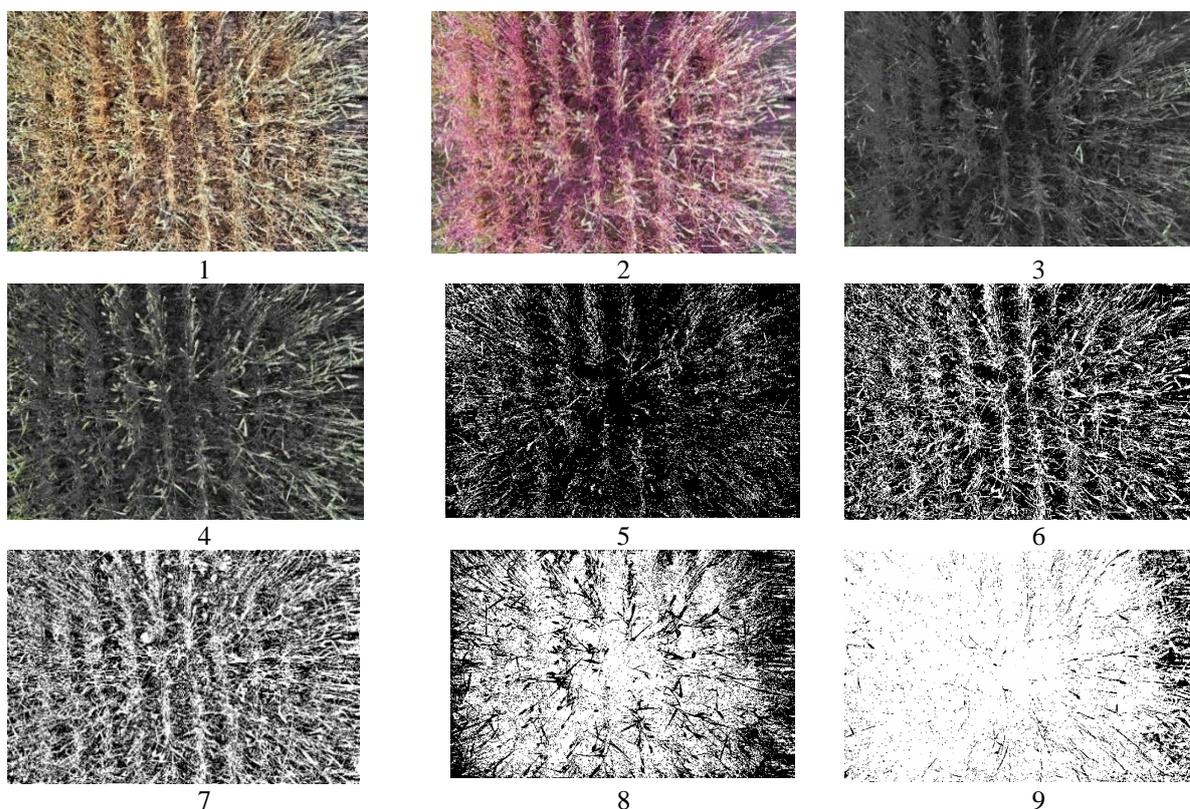


Рисунок 3 – Изображения: 1 – исходное изображение; 2-9 – изображения из разных фильтров

На основе анализов цветовых пространств HIS, CIE $L^*a^*b^*$ и $L^*u^*v^*$ определены параметры изображения сортов по H оттенок -13,18 - 5,88, I интенсивность - 0,37 - 0,50 и S насыщенность - 0,09-0,14, параметры a^* - 8,33-15,89, b^* - 8,03-13,90, u^* - 15,58-30,06 и v^* - 7,17-14,86, соответственно (таблица 1).

Таблица 1 - Диапазон изменения цветовых параметров

Параметры	Минимум	Максимум	Среднее
Intensity	0,37	0,50	0,44
Hue	-13,18	5,88	-4,74
Saturation	0,09	0,14	0,11
Lightness	39,62	52,11	46,12
CSI	29,09	63,60	41,87
a^*	8,33	15,89	11,50
b^*	8,03	13,90	10,64
u^*	15,58	30,06	22,24
v^*	7,17	14,86	10,45
GA	0,046	0,233	0,145
GGA	0,017	0,165	0,087
GA m2	0,002	0,010	0,006
GGA m2	0,001	0,007	0,004

Индексы GA находились в диапазоне изменения показателей 0,046-0,233, GGA в пределах 0,017-0,165. Однако, наибольшие параметры связи GA с урожайностью выявлялись в диапазоне свыше 0,17 единиц. По данному показателю отобраны образцы 5 образцов: Степная 1413, Лютесценс 740, Лютесценс 1519, Лютесценс 1764, Лютесценс 16/93-01-8 (таблица 2).

Таблица 2 – Индексы параметров сортов яровой пшеницы отобранных по комплексу показателей

Название	GA (зеленая зона)		GGA (более зеленая зона)		NDVI (индекс вегетации)	Урожайность ц/га
	общая	м2	общая	м2		
Степная 1413	0,1799	0,0080	0,1006	0,0045	0,23	10,90
Лютесценс 740	0,1793	0,0079	0,1141	0,0051	0,26	9,70
Лютесценс 1519	0,2325	0,0103	0,1649	0,0073	0,30	11,99
Лютесценс 1764	0,2059	0,0091	0,1459	0,0065	0,35	13,18
Лютесценс 16/93-01-8	0,1843	0,0082	0,1185	0,0052	0,26	12,47

По параметрам зеленой (GA) и более зеленой зоны (GGA) выделились 5 относительно высокопродуктивных сортов. Они характеризовались также высокими показателями индекса NDVI (0,23-0,35) и урожайности (8,09-13,6 ц/га) по сравнению с остальными изученными. При указанном значении индекса NDVI ожидалось получение на 50-60% ниже от потенциального

урожая. В нашем случае этому соответствовала фактическая урожайность 9,7 - 13,18 ц/га.

Обсуждение

Использование обычных цифровых камер становится привлекательной альтернативой для ряда сельскохозяйственных приложений, включая точное земледелие и фенотипирование для селекции. При этом нужно отметить простоту его использования. Используя соответствующее программное обеспечение для анализа изображений, зеленую биомассу и другие характеристики, представляющие интерес для сельскохозяйственных приложений, можно определить индекс растительности по изображениям RGB с цифровой камеры [16]. Ряд простых операций с цветом может предоставить ряд параметров, которые потенциально могут быть использованы в качестве индикаторов характеристик растительности.

Индексы растительности (GA, GGA), полученные на основе изображений RGB лучше объясняют изменчивость параметров урожайности чем другие показатели изображений. Преимущества данного метода определения индекса растительности по изображениям RGB заключалось в экономии времени, финансовых средств и по сравнению с GreenSeeker.

Корреляционный анализ матрицы (таблица 3) показал положительную высокую связь между параметрами v^* и

интенсивностью (Intensity), между b^* , v^* с оттенком (Hue) и яркостью (Lightness), между u^* и индексом старения культуры (CSI) а также и a^* , между b^* и v^* .

Таблица 3 – Корреляционная матрица между различными цветовыми параметрами изображения

	Intensity	Hue	Saturation	Lightness	CSI	a*	b*	u*	v*	GA	GGA	GA m ²	GGA m ²
Intensity	1												
Hue	0,448	1											
Saturation	-0,238	-0,543	1										
Lightness	0,996	0,523	-0,300	1									
CSI	0,401	0,421	0,353	0,401	1								
a*	0,113	-0,315	0,856	0,053	0,657	1							
b*	0,667	0,916	-0,296	0,716	0,681	0,041	1						
u*	0,425	0,067	0,635	0,388	0,851	0,914	0,435	1					
v*	0,703	0,943	-0,446	0,758	0,552	-0,126	0,982	0,284	1				
GA	-0,359	-0,046	-0,544	-0,324	-0,785	-0,832	-0,372	-0,899	-0,234	1			
GGA	-0,401	-0,188	-0,505	-0,377	-0,870	-0,804	-0,501	-0,920	-0,362	0,978	1		
GA m ²	-0,359	-0,046	-0,544	-0,324	-0,785	-0,832	-0,372	-0,899	-0,234	1	0,978	1	
GGA m ²	-0,401	-0,188	-0,505	-0,377	-0,870	-0,804	-0,501	-0,920	-0,362	0,978	1	0,978	1

Обнаружены между параметрами Выявлены высокие положительные коэффициенты корреляции (таблица 4) между NDVI и зеленой зоной (GA), относительно зеленой зоной (GGA), зеленой зоной на м² (GAm²) и относительно зеленой зоной на м² (GGAm²).

Таблица 4 - Коэффициенты корреляции между цветовыми параметрами изображения NDVI и урожайностью сортов

Показатели цветовых параметров RGB изображения	NDVI	Урожайность
Intensity	-0,023	-0,161
Hue	-0,435	-0,103
Saturation	-0,125	-0,303
Lightness	-0,060	-0,148
CSI	-0,695	-0,524
a*	-0,403	-0,472
b*	-0,461	-0,263
u*	-0,633	-0,521
v*	-0,386	-0,176
GA	0,862	0,724
GGA	0,839	0,721
GA m2	0,862	0,724
GGA m2	0,839	0,721

И по урожайности установлены высокие положительные коэффициенты корреляции между NDVI, зеленой зоной (GA), относительно зеленой зоной (GGA), зеленой зоной на м² (GAm²) и относительно зеленой зоной на м² (GGAm²).

Заключение

В результате проведенного анализа изображения RGB выделены 5 образцов с наилучшими показателями цветовых параметров, где установлены высокие показатели урожайности по сравнению с остальными изученными образцами. С применением соответствующего программного обеспечения

возможность получить данные по наборам цветовых параметров GA и GGA. Показатели данных цветовых параметров аналогичны с данными NDVI. Они могут обеспечивать более надежный прогноз продуктивности сортообразцов в селекционных опытах и использоваться в качестве объективных индикаторов.

Информация о финансировании

Исследования были профинансированы Министерством сельского хозяйства Республики Казахстан в рамках проекта (BR10765017).

Список литературы

1 На сколько в Казахстане увеличили площадь посевных земель под урожай пшеницы [Электронный ресурс]. – Inbusiness.kz: Главная – Лента новостей: <https://inbusiness.kz/ru/last/na-skolko-v-kazahstane-velichili-ploshad-posevnyh-zemel-pod-urozhaj-pshenicy>.

2 Урожай-2021: какие результаты [Электронный ресурс]. – 24 Хабар: Главная: <https://24.kz/ru/news/delovye-novosti/item/511155-urozhaj-2021-kakie-rezultaty-19.11.2021>

3 Moran, M.S., Inoue, Y., Barnes, E.M. Opportunities and limitations for image-based remote sensing in precision crop management [Text] / M.S., Moran, Y. Inoue, E.M. Barnes / Remote Sensing of Environment. –1997, 16. – p. 319–346. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(97\)00045-X](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(97)00045-X)

4 Huete, A., Didan, K., Miura, T., Rodriguez, E.P., Gao, X., Ferreira, L.G. Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices [Text] / Remote Sensing of Environment. – 2002, 83. – p. 195–213. [https://doi:10.1016/s0034-4257\(02\)00096-2](https://doi:10.1016/s0034-4257(02)00096-2)

5 Афонников, Д. А. Методы высокопроизводительного фенотипирования растений для массовых селекционно-генетических экспериментов [Текст] / Д. А. Афонников, М. А. Генаев, А. В. Дорошков, Е. Г. Комышев, Т. А. Пшеничникова // Генетика. Том 52, – 2016. - № 7. – С. 788–803. Библиогр.: с. 135. <https://doi.org/10.7868/S001667581607002X>

6 Casadesus, J., Villegas, D. Conventional digital cameras as a tool for assessing leaf area index and biomass for cereal breeding [Text] / J. Casadesus, D. Villegas // Journal of Integrative Plant Biol. – 2013, 56 – p. 7-14. <https://doi:10.1111/jipb.12117>

7 Penuelas, J., Filella, I. Visible and near-infrared reflectance techniques for diagnosing plant physiological status [Text] / J. Penuelas, I. Filella // Trends in Plant Science. – 1998,3. – p. 151–156 [https://doi:10.1016/S1360-1385\(98\)01213-8](https://doi:10.1016/S1360-1385(98)01213-8)

8 Nehe, A.S., Foulkes, M. J., Ozturk, I., Rasheed, A., York, L., Kefauver, S.C., Ozdemir F., Morgounov A. Root and canopy traits and adaptability genes explain drought tolerance mechanism in winter wheat [Text] / A.S. Nehe, M. J. Foulkes, I. Ozturk, A.Rasheed, L. York, S.C. Kefauver, F. Ozdemir, A. Morgounov // PLoS One. – 2021. – p. 1-25 <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0242472>.

9 Casadesus, J., Biel, C., Save, R. Turf color measurement with conventional digital cameras [Text] / J. Casadesu's, C. Biel, R. Save // EFITA/WCCA: Joint Congress on IT in Agriculture. / Vila Real, Portugal: Universidade de Trás-os Montes e Alto Douro. – Portugal, 2005. – p. 804–811. <https://doi.org/10.3390/su12062160>

10 Araus, J.L., Kefauver, S.C. Breeding to adapt agriculture to climate change: affordable phenotyping solutions [Text] / J.L. Araus, S.C. Kefauver // Curr Opin Plant Biol. – 2018, 45. – p. 237-247. <https://doi:10.1016/j.pbi.2018.05.003>

11 Zaman-Allah, M., Vergara, O., Araus, J.L. et al. Unmanned aerial platform-based multi-spectral imaging for field phenotyping of maize [Text] / M. Zaman-Allah et.al // Plant Methods. – 2015, 11:35. – p. 1-10. <https://doi.org/10.1186/s13007-015-0078-2>

12 Fernandez-Gallego, J.A., Buchailot, M.L., Gracia-Romero, A., Vatter, T., Diaz, O.V., Gutiérrez, N.A., Nieto-Taladriz, M.T., Kerfal, S., Seret, M.D., Araus, J.L., Kefauver, S.C. Cereal Crop Ear Counting in Field Conditions Using Zenithal RGB Images [Text] / J.A. Fernandez-Gallego et.al // Jour. of Vis. Exp. – 2019, 144. [https://doi:10.3791/58695\(2019\)](https://doi:10.3791/58695(2019))

13 CIELAB color space [Electronic resource]. WikipediA: http://en.wikipedia.org/wiki/Lab_color_space

14 HSI Color Space [Electronic resource]. WikipediA: <https://support.cognex.com>

15 CIE L*A*B* [Electronic resource]. WikipediA: <http://www.appstate.edu>

16 Casadesús, J., Kaya, Y., Bort, J., Nachit, M.M., Araus, J.L., Amor, S., Ferrazzano, G., Maalouf, F., Maccaferri, M., Martos, V., Ouabbou, H. and Villegas, D. Using vegetation indices derived from conventional digital cameras as selection criteria for wheat breeding in water-limited environments [Text] / J. Casadesus et. al // Annals of Applied Biology. 2007, 150. – p. 227-236. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2007.00116.x>

References

1 Na skol'ko v Kazahstane uvelichili ploshchad' posevnyh zemel' pod urozhaj pshenicy [Elektronnyj resurs]. – Inbusiness.kz: Glavnaya – Lenta novostej: <https://inbusiness.kz/ru/last/na-skolko-v-kazahstane-uvelichili-ploshad-posevnyh-zemel-pod-urozhaj-pshenicy>.

2 Urozhaj-2021: kakie rezul'taty [Elektronnyj resurs]. – 24 Habar: Glavnaya: <https://24.kz/ru/news/delovye-novosti/item/511155-urozhaj-2021-kakie-rezultaty-19.11.2021>

3 Moran, M.S., Inoue, Y., Barnes, E.M. Opportunities and limitations for image-based remote sensing in precision crop management [Text] / M.S., Moran, Y. Inoue, E.M. Barnes / Remote Sensing of Environment. –1997, 16. – p. 319–346. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(97\)00045-X](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(97)00045-X)

4 Huete, A., Didan, K., Miura, T., Rodriguez, E.P., Gao, X., Ferreira, L.G. Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices [Text] / Remote Sensing of Environment. – 2002, 83. – p. 195–213. [https://doi:10.1016/s0034-4257\(02\)00096-2](https://doi:10.1016/s0034-4257(02)00096-2)

5 Afonnikov, D. A. Metody vysokoproizvoditel'nogo fenotipirovaniya rastenij dlya massovyh selekcionno-geneticheskikh eksperimentov [Tekst] / D. A. Afonnikov, M. A. Genaev, A. V. Doroshkov, E. G. Komyshev, T. A. Pshenichnikova // Genetika. Tom 52, – 2016. - № 7. – S. 788–803. Bibliogr.: s. 135. <https://doi.org/10.7868/S001667581607002X>

6 Casadesus, J., Villegas, D. Conventional digital cameras as a tool for assessing leaf area index and biomass for cereal breeding [Text] / J. Casadesus, D. Villegas // Journal of Integrative Plant Biol. – 2013, 56 – p. 7-14. <https://doi:10.1111/jipb.12117>

7 Penuelas, J., Filella, I. Visible and near-infrared reflectance techniques for diagnosing plant physiological status [Text] / J. Penuelas, I. Filella // Trends in Plant Science. – 1998,3. – p. 151–156 [https://doi:10.1016/S1360-1385\(98\)01213-8](https://doi:10.1016/S1360-1385(98)01213-8)

8 Nehe, A.S., Foulkes, M. J., Ozturk, I., Rasheed, A., York, L., Kefauver, S.C., Ozdemir F., Morgounov A. Root and canopy traits and adaptability genes explain drought tolerance mechanism in winter wheat [Text] / A.S. Nehe, M. J. Foulkes, I. Ozturk, A.Rasheed, L. York, S.C. Kefauver, F. Ozdemir, A. Morgounov // PLoS One. – 2021. – p. 1-25 <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0242472>.

9 Casadesus, J., Biel, C., Save, R. Turf color measurement with conventional digital cameras [Text] / J. Casadesu's, C. Biel, R. Save // EFITA/WCCA: Joint Congress on IT in Agriculture. / Vila Real, Portugal: Universidade de Trás-os Montes e Alto Douro. – Portugal, 2005. – p. 804–811. <https://doi.org/10.3390/su12062160>

10 Araus, J.L., Kefauver, S.C. Breeding to adapt agriculture to climate change: affordable phenotyping solutions [Text] / J.L. Araus, S.C. Kefauver // Curr Opin Plant Biol. – 2018, 45. – p. 237-247. <https://doi:10.1016/j.pbi.2018.05.003>

11 Zaman-Allah, M., Vergara, O., Araus, J.L. et al. Unmanned aerial platform-based multi-spectral imaging for field phenotyping of maize [Text] / M. Zaman-Allah et.al // Plant Methods. – 2015, 11:35. – p. 1-10. <https://doi.org/10.1186/s13007-015-0078-2>

12 Fernandez-Gallego, J.A., Buchailot, M.L., Gracia-Romero, A., Vatter, T., Diaz, O.V., Gutiérrez, N.A., Nieto-Taladriz, M.T., Kerfal, S., Seret, M.D., Araus, J.L., Kefauver, S.C. Cereal Crop Ear Counting in Field Conditions Using Zenithal RGB Images [Text] / J.A. Fernandez-Gallego et.al // Jour. of Vis. Exp. – 2019, 144. [https://doi:10.3791/58695\(2019\)](https://doi:10.3791/58695(2019))

13 CIELAB color space [Electronic resource]. Wikipedia: http://en.wikipedia.org/wiki/Lab_color_space

14 HSI Color Space [Electronic resource]. Wikipedia: <https://support.cognex.com>

15 CIE L*A*B* [Electronic resource]. Wikipedia: <http://www.appstate.edu>

16 Casadesús, J., Kaya, Y., Bort, J., Nachit, M.M., Araus, J.L., Amor, S., Ferrazzano, G., Maalouf, F., Maccaferri, M., Martos, V., Ouabbou, H. and Villegas, D. Using vegetation indices derived from conventional digital cameras as selection criteria for wheat breeding in water-limited environments [Text] / J. Casadesus et. al // Annals of Applied Biology. 2007, 150. – p. 227-236. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2007.00116.x>

RGB СУРЕТТЕРІН ҚОЛДАНУ АРҚЫЛЫ СҰРЫПТАЛҒАН ЖАЗДЫҚ БИДАЙ СОРТУЛГІЛЕРІНІҢ ӨНІМДІЛІГІ

Ыдырыс Айкерім Асылбекқызы
PhD докторант, Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу
университеті,
Алматы қ, Қазақстан
Қазақ егіншілік және
өсімдік шаруашылығы ғылыми-зерттеу институты
аға ғылыми қызметкері,
Алматы қ, Қазақстан.
E-mail: kerem.ydyrys@mail.ru

Сарбаев Амангелды Таскалиевич
Ауыл шаруашылығы ғылымдарының докторы,
ҚР АШҒА академигі, Қазақ егіншілік және өсімдік шаруашылығы
ғылыми-зерттеу институты
Алматы қ, Қазақстан;
қауымдастырылған профессор, Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу
Университеті,
Алматы қ, Қазақстан.
E-mail: kizamans2@mail.ru

Есимбекова Минура Ахметовна
Биология ғылымдарының докторы, Қазақ егіншілік
және өсімдік шаруашылығы ғылыми-зерттеу
институты
Алматы қ, Қазақстан.
E-mail: minura.esimbekova@mail.ru

Дубекова Салтанат Бакытжановна
PhD докторант, Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу
университеті, Алматы, Қазақстан; Қазақ егіншілік және
өсімдік шаруашылығы ғылыми-зерттеу институты
ЖШС-нің кіші ғылыми қызметкері,
Алматы қ. Қазақстан
E-mail: funny.kind@mail.ru

Түйін

Қарапайым сандық камераларды сәйкес бағдарламалық жабдықтармен бірге қоладан отырып өсімдіктердің тек биомассасын ғана емес, сонымен қатар басқа та сипаттамаларын да анықтауға болады. Түстер гаммасының

Бірқатар қарапайым операцияларын қоладану арқылы өсімдік сипаттамаларының индикаторы ретінде қолдануға болатын көптеген параметрлерді анықтауға болады. Мақалада жаздық бидайдың өнімділігі жоғары үлгілерін сұрыптау критеріі ретінде RGB суреттерін талдау арқылы алынған өсімдік жамылғысының индекстерін анықтау бойынша жүргізілген зерттеу жұмыстарының нәтижелері келтірілген. RGB суреттерін талдау нәтижесінде өзге үлгілермен салыстырғанда түстік параметрлері бойынша ең жақсы көрсеткіштер мен жоғары өнімділік көрсеткен үлгілер таңдап алынды. Шағын учаскедегі селекциялық тәжірибелерде түс параметрлері NDVI индексі сияқты, сорт үлгілерінің өнімділігінің сенімдірек болжамын қамтамасыз ете алады.

Кілт сөздер: жаздық бидай; суреттерді талдау; NDVI; сұрыптау

YIELD OF SPRING WHEAT SAMPLES SELECTED USING RGB IMAGE

Ydyrys Aikerim Asylbekkyzy

PhD student, Kazakh National Agrarian Research University, Almaty, Kazakhstan; senior researcher of Kazakh Research Institute of Agriculture and Plant Growing, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: kerem.ydyrys@mail.ru

Sarbaev Amangeldy Taskalievich

Doctor of agriculture sciences, academician of the AAS of the RK; Kazakh Research Institute of Agriculture and Plant Growing, Almaty, Kazakhstan;

associate professor of Kazakh National Agrarian Research University, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: kizamans2@mail.ru

Esimbekova Minura Akhmetovna

Doctor of biological sciences, Kazakh Research Institute of Agriculture and Plant Growing, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: minura.esimbekova@mail.ru

Dubekova Saltanat Bakytzhanovna

PhD student, Kazakh National Agrarian Research University, Almaty, Kazakhstan; junior researcher of Kazakh Research Institute of Agriculture and Plant Growing, Almaty, Kazakhstan

E-mail: funny.kind@mail.ru

Abstract

Using conventional digital cameras with appropriate image analysis software, it is possible to evaluate not only green biomass but also other vegetation characteristics. A number of simple color gamut operations can provide many parameters that can potentially be used as indicators of vegetation characteristics. The article presents the results of a study on determining a set of vegetation indices using RGB image analysis as a criterion for selecting highly productive spring wheat samples. As a result of the analysis of the RGB image, samples with the best color parameters were selected, where high yields were established compared to the rest of the studied samples. Like the NDVI index, color parameters provide a more reliable forecast of the productivity of variety samples in small-plot breeding experiments.

Keywords: spring wheat; image analysis; NDVI; selection