

качество поля, выбираемого для проведения опыта; оперативно оценивать ситуацию на поле; сравнивать показатели наблюдений на поле и из космоса; производить оценку влияния микрорельефа и пестроты плодородия поля в течение вегетации.

Список литература

1. <http://svetich.info/publikacii/agronauka/my-proverili-zerebra-agro-za-vas.html>
2. <http://rsc23.ru/Main/GetNew/307?curPage=1>

DOI:

ОЦЕНКА ПРОДУКТИВНОСТИ ПОСЕВОВ РИСА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОПТИКО-БИОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ РАСТЕНИЙ

В. Н. Чижиков, Р. С. Шарифуллин

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт риса»,

350921, г. Краснодар, пос. Белозёрный, 3

E-mail: agrohim-vt@yandex.ru

На основе данных наземных измерений состояния растений риса при помощи технических устройств предложен новый способ дифференцированного внесения минеральных удобрений с использованием вегетационного индекса. Новая технология внесения минеральных удобрений позволит осуществлять корректировку доз азотной подкормки и прогнозировать биологическую урожайность, что обеспечит повышение рентабельности производства и снижение экологической нагрузки. Повышение дозы азота от 60 до 150 кг/га привело к увеличению значения вегетационного индекса в фазу кущения от 0,56 до 0,75 (на 33,9%). Внесение возрастающих доз минеральных удобрений способствовало повышению содержания азота, фосфора и калия в растениях в фазу кущения до 3,84; 1,43 и 0,87% соответственно. Между дозой азота и показателями урожайности установлена прямолинейная связь с высоким коэффициентом корреляции ($r = 0,76 \pm 0,17$).

Ключевые слова: растение, удобрение, дифференциация доз, прогноз урожая.

EVALUATION OF RICE CROPS PRODUCTIVITY USING OPTIC- BIOLOGICAL FEATURES OF PLANTS

V. N. Chizhikov, R. S. Sharifullin

FSBSI All-Russian Rice Research Institute,

350921, Krasnodar, Belozerny, 3

E-mail: agrohim-vt@yandex.ru

Based on the data of terrestrial measurements of rice plants state with the use of technical devices, a new method for differentiating mineral fertilizers using a vegetative index is proposed. The new technology of mineral fertilizer application will allow adjusting the doses of nitrogen fertilizing and predicting the biological yield, which will increase the profitability of production and reduce the environmental load. An increase in the nitrogen dose from 60 to 150 kg / ha led to an increase in the value of the vegetative index from 0.56 to 0.75 (by 33.9%) in the tillering phase. The introduction of increasing doses of mineral fertilizers contributed to an increase in the content of nitrogen, phosphorus and potassium in plants to 3.84, 1.43 and 0.87% respectively in the tillering phase. A rectilinear relationship with a high correlation coefficient ($r = 0,76 \pm 0,17$) was established between the dose of nitrogen and yield indicators.

Key words: plant, fertilizer, differentiation of doses, yield forecast

В настоящее время важное значение имеют исследования, направленные на изучение способов диагностики растений на основе их оптико-биологических свойств, что даёт возможность для разработки системы дифференцированного внесения удобрений и прогнозирования урожайности (Сычёв, Афанасьев, 2016; Якушев, 2016).

В рисоводстве такие исследования практически не ведутся, кроме того не до конца разработаны общие подходы и методология оценки продуктивности растений на основе их оптико-биологических свойств.

Цель исследования заключалась в том, чтобы установить взаимосвязь между продуктивностью посевов риса и вегетационным индексом (NDVI) на возрастающих дозах минерального питания. Для достижения поставленной цели решались следующие задачи: 1) установить вегетационный индекс на возрастающих дозах минерального питания; 2) определить площадь ассимиляционной поверхности листьев и сухой массы; 3) установить содержание и вынос азота фосфора и калия в растениях риса.

Объекты и методы

Исследования проводились в условиях полевого опыта, заложенного на рисовой оросительной системе ФГБНУ «ВНИИ риса». Почва – лугово-чернозёмная слабосолонцеватая тяжелосуглинистая, характеризуется слабощелочной реакцией почвенного раствора (8,03), содержание гумуса (3,38%). Валовых форм азота, фосфора и калия в пахотном горизонте содержится 0,24; 0,13 и 1,25% соответственно. Количество

легкогидролизуемого азота – (7,4 мг/100 г); подвижного фосфора – (8,3 мг/100 г); подвижного калия – (19,5 мг/100 г).

Схема опыта: 1. $N_0P_0K_0$ – контроль; 2. $N_{60}P_{35}K_{20}$; 3. $N_{90}P_{45}K_{30}$; 4. $N_{120}P_{55}K_{40}$; 5. $N_{150}P_{65}K_{50}$.

Предшественник – рис 1 год. Расположение делянок в опыте – систематическое, со смещением. Повторность в опыте – четырёхкратная. Площадь делянок: общая – 15 м², учетная – 11,4 м². Сорт риса – Диамант.

Азотное удобрение (мочевина) вносили перед посевом и в фазу кущения (5-6 лист.). Фосфорное и калийное удобрения вносили перед посевом в виде двойного суперфосфата (P_2O_5 – 46%) и хлористого калия (KCl – 60%).

Проводили следующие учёты и анализы: анализ почвенного образца, отобранного на опытном участке, для составления агрохимической характеристики; учёт густоты стояния растений риса по всходам и перед уборкой урожая на всех делянках опыта; определение вегетационного индекса (NDVI) прибором «GreenSeeker»; экспресс-контроль азотного статуса растений риса прибором «N-tester»; определение содержания общего: азота, фосфора и калия в растениях (Кидин, 2008); отбор модельных снопов и биометрический анализ растений риса; учёт урожайности зерна риса и приведением полученных данных к стандартным показателям (100%-й чистоте и 14%-й влажности); математическая обработка полученных данных – методом дисперсионного анализа (Доспехов, 1979).

Результаты и обсуждения

Диагностика минерального питания и прогноз урожайности на основе оптико-биологических показателей растений риса основывается на изучении следующих показателей: содержания азота, фосфора, калия в растениях и их вынос, площади ассимиляционной поверхности листьев, сухой массы.

Определение вегетационного индекса (NDVI) на возрастающих дозах минерального питания даёт возможность для дифференциации доз удобрений в зависимости от сорта, предшественника и почвенного плодородия поля в

системе точного земледелия, получаемых на основе данных дистанционного зондирования.

Изменения значений вегетационного индекса на возрастающих дозах минерального питания представлены в табл. 1 показывают, что наименьшие значения индекса (NDVI) были получены на контрольном варианте в фазу кущения и вымётывания – 0,42 и 0,45 соответственно. Повышение дозы минерального питания способствовало увеличению изучаемого показателя.

При повышении дозы азота от 60 до 150 вегетационный индекс увеличивался в кущение от 0,56 до 0,75, или на 33,9 %, в вымётывание от 0,58 до 0,80, или на 37,9 %.

Таблица 1. Вегетационный индекс на возрастающих дозах минерального питания

Вариант	Фазы вегетации	
	кущение	вымётывание
1. N ₀ P ₀ K ₀ – контроль	0,42	0,45
2. N ₆₀ P ₃₅ K ₂₀	0,56	0,58
3. N ₉₀ P ₄₅ K ₃₀	0,64	0,68
4. N ₁₂₀ P ₅₅ K ₄₀	0,72	0,75
5. N ₁₅₀ P ₆₅ K ₅₀	0,75	0,80

Между вегетационным индексом и дозой минеральных удобрений установлена прямолинейная связь с высоким коэффициентом корреляции, которая описывается уравнениями: $Y = 0,0021X + 0,433$ ($r = 0,89 \pm 0,08$), фаза кущения, что позволяет корректировать дозу азотной подкормки в эту фазу, а полученное уравнение для фазы вымётывание $Y = 0,0024X + 0,445$ ($r = 0,86 \pm 0,10$) дает прогноз на урожай, где X – доза азота, кг/га; Y – вегетационный индекс NDVI.

Внесение возрастающих доз минеральных удобрений (табл. 2) увеличило содержание азота, фосфора и калия в растениях риса. Наибольшие значения этих элементов были получены на варианте N₁₅₀P₆₅K₅₀, которые составили в фазы кущения и вымётывания: азота 3,84 и 1,43%, фосфора 0,87 и 0,69%, калия 3,27 и 2,90 % соответственно.

Таблица 2. Содержание азота, фосфора и калия в надземной массе растений на возрастающих дозах минерального питания, % на сухую массу

№ п/п	Вариант	N		P ₂ O ₅		K ₂ O	
		кущение	выметывание	кущение	выметывание	кущение	выметывание
1.	N ₀ P ₀ K ₀ – контроль	2,41	0,90	0,49	0,40	2,51	2,34
2.	N ₆₀ P ₃₅ K ₂₀	3,30	1,02	0,68	0,49	2,78	2,51
3.	N ₉₀ P ₄₅ K ₃₀	3,58	1,24	0,77	0,60	3,30	2,84
4.	N ₁₂₀ P ₅₅ K ₄₀	3,82	1,35	0,85	0,64	3,32	2,89
5.	N ₁₅₀ P ₆₅ K ₅₀	3,84	1,43	0,87	0,69	3,37	2,90
	HCP ₀₅	0,032	0,040	0,038	0,039	0,055	0,070

Данные экспресс-контроль азотного статуса показали, что при внесении возрастающих доз азотного удобрения от 60 до 150 кг.д.в./га обеспеченность растений азотом в фазу кущения увеличилась от 452 до 538 ед., что больше, чем на контроле на 37–123 ед. (8,9-29,6 %), а в фазу выметывания — на 25–126 ед. (6,2-31,1 %).

Площадь ассимиляционной поверхности листьев в значительной степени влияет на продуктивность растений риса, так как от неё зависит фотосинтетическая деятельность растений.

Более быстрое нарастание листовой поверхности важный фактор повышения продуктивности растений. Поэтому применение диагностики растений, основанной на их оптико-биологических свойствах, для оценки развития листостебельной массы даёт возможность контролировать развитие растений в течение вегетации и при необходимости проводить комплекс мероприятий, направленный на повышение продуктивности растений риса.

Площадь ассимиляционной поверхности листьев представлена в табл. 3.

Таблица 3. Площадь ассимиляционной поверхности листьев на возрастающих дозах минерального питания, см²/раст.

Вариант	Фазы вегетации		
	кущение	выметывание	полная спелость
1. N ₀ P ₀ K ₀ – контроль	58	122	63
2. N ₆₀ P ₃₅ K ₂₀	73	131	80
3. N ₉₀ P ₄₅ K ₃₀	81	145	94
4. N ₁₂₀ P ₅₅ K ₄₀	92	168	102
5. N ₁₅₀ P ₆₅ K ₅₀	96	190	115

Данные табл. 3 показывают, что действие азота на площадь ассимиляционной поверхности листьев проявляется уже в фазу кущения и при повышении дозы азота до 150 кг/га эта площадь увеличивается на 65,5%, в фазу

вымётывания – на 55,7% и в полную спелость – на 82,5%, по отношению к контролю.

По мере роста риса ассимиляционная поверхность листьев нарастала до фазы вымётывания и максимальная поверхность листьев составила 190 см²/раст., на варианте N₁₅₀P₆₅K₅₀.

Наиболее полное представление о потреблении азота, фосфора и калия в разные фазы вегетации даёт изучение накопления сухой массы надземными органами растений, так как она является важнейшим показателем ростовых процессов, фотосинтетической активности растений и формирования урожая риса (табл. 4).

Увеличение дозы азота от 60 до 120 кг/га повысило сухую массу в вымётывание на 1,0 г/раст. (25,6%), в полную спелость – на 1,3 г/раст. (20,0%).

Таблица 4. Накопление сухой массы надземными органами растений на возрастающих дозах минерального питания, г/раст.

Вариант	Фазы вегетации	
	вымётывание	полная спелость
1. N ₀ P ₀ K ₀ – контроль	2,8	4,1
2. N ₆₀ P ₃₅ K ₂₀	3,9	6,5
3. N ₉₀ P ₄₅ K ₃₀	4,5	7,2
4. N ₁₂₀ P ₅₅ K ₄₀	4,9	7,8
5. N ₁₅₀ P ₆₅ K ₅₀	4,7	7,7

Обеспеченность растений риса основными элементами минерального питания согласуется с урожайностью зерна (табл. 5). Повышение дозы азота от 60 до 120 кг/га повысило урожайность до 9,21 т/га. Прибавка урожая составила 2,1 т/га (29,5%).

Таблица 5. Урожайность зерна риса на возрастающих дозах минерального питания

Вариант	Урожайность, т/га	Прибавка	
		т/га	%
1. N ₀ P ₀ K ₀ – контроль	4,95	—	—
2. N ₆₀ P ₃₅ K ₂₀	7,11	—	—
3. N ₉₀ P ₄₅ K ₃₀	8,21	1,10	15,5
4. N ₁₂₀ P ₅₅ K ₄₀	9,21	2,10	29,5
5. N ₁₅₀ P ₆₅ K ₅₀	9,02	1,91	26,9
НСР ₀₅	0,24		

Между дозой азота и урожайностью установлена прямолинейная связь с высоким коэффициентом корреляции, описываемая уравнением $Y = 0,022 N + 5,84$, ($r = 0,76 \pm 0,17$).

Между вегетационным индексом в кущение, вымётывание и урожайностью установлена прямолинейная связь с высоким коэффициентом корреляции описываемая уравнением: $Y = 10,0 NDVI + 1,47$, ($r = 0,78 \pm 0,09$) и $Y = 11,94 NDVI + 0,19$, ($r = 0,81 \pm 0,11$).

Масса зерна с растения и озерненность были наибольшими на варианте $N_{120}P_{55}K_{40}$ и составили 4,06 г/раст. и 160 шт./раст., что больше по сравнению с вариантом $N_{60}P_{35}K_{20}$ на 19,1 и 34,4% соответственно.

Повышение дозы азота от 60 до 150 кг/га увеличило вынос азота зерном на 47,6 % соломой на 50 %, вынос фосфора зерном – на 42,8, соломой на 82,3%, вынос калия зерном – на 61,1 % и соломой – на 40,5%.

Выводы

1. Вегетационный индекс (NDVI) при повышении дозы минерального питания увеличивался в фазу кущение до 0,75 (28,6%), в вымётывание до 0,80 (32,8%).

2. Между вегетационным индексом и дозой минерального удобрения установлена прямолинейная связь в фазы кущения и вымётывания.

3. Наибольшая урожайность зерна была получена на варианте $N_{120}P_{55}K_{40}$ составила 9,21 т/га. Прибавка составила 2,10 т/га.

Список литературы

1. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1979. 416 с.
2. Кидин В. В. Практикум по агрохимии / В. В. Кидин, И. П. Дерюгин, В. И. Кобзаренко и др.; под ред. В. В. Кидина. М.: КолосС, 2008. 600 с.
3. Сычев В. Г., Афанасьев Р. А. Перспективы развития точного земледелия в условиях Северо-Кавказского региона // Проблемы агрохимии и экологии. 2016. № 4. С. 3–6.
4. Якушев В. В. Точное земледелие: теория и практика. СПб.: ФГБНУ АФИ, 2016. 364 с.