

Список литературы

1. Рогожникова Е. С., Шпанев А. М. Засоренность ячменя с подсевом многолетних трав при разных уровнях минерального питания // Вестник защиты растений. 2014. № 4. С. 49–51.
2. Рогожникова Е. С., Шпанев А. М., Фесенко М. А. Влияние удобрений на поражение ярового ячменя болезнями в IV агроклиматической зоне Ленинградской области // Вестник защиты растений. 2016. № 4(90). С. 56–61.
3. Фесенко М. А., Шпанев А. М., Смук В. В. Оценка оптических характеристик посевов с помощью прибора GreenSeeker // Агроэкосистемы в естественных и регулируемых условиях: от теоретической модели к практике прецизионного управления. СПб., 2016. С. 390–394.
4. Фесенко М. А., Шпанев А. М. Вклад факторов интенсификации земледелия и условий вегетации в формирование урожайности культур полевого севооборота // Аграрная Россия. 2015. № 10. С. 2–6.

DOI:

ЗАВИСИМОСТЬ МЕЖДУ СОДЕРЖАНИЕМ БЕЛКА В ЗЕРНЕ ЯРОВОЙ ТРИТИКАЛЕ И ПОКАЗАНИЯМИ ПРИБОРОВ N-ТЕСТЕР™ И GREENSEEKER™ ПО ФАЗАМ ВЕГЕТАЦИИ

А. В. Пасынков¹, Е. Н. Пасынкова²

¹ФГБНУ «Агрофизический научно-исследовательский институт»;

²ФГБНУ «Ленинградский НИИСХ «Белогорка»

В начальный период вегетации (кущение) содержание белка в зерне яровой тритикале более тесно (по величине r) связано с содержанием общего азота в растениях. С прохождением фаз вегетации теснота связи между ними возрастала. В начальный период вегетации (кущение) каких-либо значимых зависимостей между содержанием белка в зерне и показаниями приборов N-тестер™ и GreenSeeker™ не установлено. В фазы трубкования и цветения при использовании как химического способа, так обоих приборов была достигнута практически одинаковая точность измерений. Однако сравнительно короткий период наблюдений не позволяет сделать однозначных выводов о том, какой из способов диагностики является наиболее эффективным.

DEPENDENCE BETWEEN PROTEIN CONTENT IN GRAIN OF SPRING TRITICALE AND INDICATIONS OF THE N-TESTERTM AND GREENSEEKERTM DEVICES FOR THE PHASES OF VEGETATION

A. V. Pasyunkov¹, E. N. Pasyunkova²

¹ *Agrophysical Research Institute;*

² *Leningrad Scientific Research Institute of Agriculture «Belogorka»*

In the initial period of vegetation (tillering), the protein content in the grain of the spring triticale is more closely related to the content of total nitrogen in plants. With the passage of the vegetation phases, the tightness of the connection between them increases. In the initial period of vegetation (tillering), no significant dependencies between the protein content in the grain and the indications of the N-testerTM and GreenSeekerTM devices have been found. At the stem-extension and flowering stages, when using both the chemical method and the devices, almost identical accuracy was achieved. However, a relatively short period of observation does not allow making unambiguous conclusions about a more efficient method of diagnosis.

Дальнейшее совершенствование методов комплексной диагностики минерального питания растений является весьма актуальной задачей. Своевременная оценка минерального питания позволяет сбалансировать его в период вегетации для формирования максимального (или экономически оправданного) урожая с регламентируемым ГОСТами или желательным биохимическим составом, от которого в свою очередь зависят технологические свойства получаемой продукции. Вероятность получения продукции, качество которой соответствует требованиям стандартов и потребителей, может быть существенно повышена за счет внесения до посева макро- и микроудобрений в оптимальных дозах и (или) проведения корневых и некорневых подкормок в различные периоды вегетации. Известно, что корректировка уровня минерального (чаще всего, азотного) питания растений в период вегетации производится на основе данных почвенной и (или) растительной диагностики (Научные основы и рекомендации ..., 2000; Бирюкова и др., 2010).

Растительная диагностика представляет собой определение обеспеченности растений элементами минерального питания в зависимости от их содержания в растении в целом или его индикаторных органах. К настоящему времени известны несколько видов такой диагностики: визуальная, биометрико-физиологическая, химическая и дистанционная, основные

характеристики которых более подробно представлены в предыдущей публикации авторов (Пасынков, Пасынкова, 2017).

В настоящее время все более широкое распространение получает дистанционный способ диагностики состояния посевов сельскохозяйственных, в частности зерновых, культур, при использовании которого не разрушаются растения и их ткани. Однако данный метод имеет существенный недостаток, который заключается в его невысокой разрешающей способности (Точное сельское хозяйство ..., 2009).

Для дистанционной диагностики в полевых условиях в настоящее время наиболее широко используются приборы N-тестерTM (фирма Jara) и GreenSeekerTM. Принцип действия прибора N-тестерTM основан на тесной зависимости между содержанием хлорофилла и азота в растении, что позволяет по интенсивности окраски листьев определить потребность растений в азоте в период вегетации и установить дозу азотной подкормки. Прибор GreenSeekerTM позволяет определять величину NDVI (Normalized Difference Vegetation Index, нормализованный относительный индекс растительности) посевов сельскохозяйственных культур (Точное сельское хозяйство ..., 2009; Spitkó et al., 2016).

Изучение закономерностей влияния азотных удобрений на урожайность, технологические качества и биохимический состав зерна яровой тритикале сорта Гребешок (совместной селекции ВИР и Владимирского НИИСХ) проведено на дерново-подзолистой супесчаной почве Меньковского филиала АФИ в 2015–2016 гг. В представленной работе предпринята попытка сравнительного исследования точности химического и дистанционного способов диагностики (N-тестерTM и GreenSeekerTM) для определения (прогноза) содержания белка в зерне тритикале, выращиваемой на фоне возрастающих доз азота (N0, N30, N60, N90, N120, N150 и N180), внесенных до посева.

По сравнению со среднемноголетними данными погодные условия весенне-летнего периода вегетации в первый год проведения полевого опыта характеризовались как засушливые с пониженными температурами в первую половину вегетации и как теплые и засушливые – во вторую (табл. 1). Во

второй год проведения исследований условия периода вегетации были засушливыми с пониженными температурами вначале (посев – кущение) и прохладными с избыточным увлажнением в дальнейшем (кущение – цветение), а также в репродуктивный период. Таким образом, складывающиеся гидротермические условия весенне-летнего периода вегетации в первый год проведения опыта благоприятствовали, а во второй – не благоприятствовали формированию высокого уровня урожайности зерна.

**Таблица 1. Величины гидротермического коэффициента
(по Г. Т. Селянинову)**

Год / Период	П* – К	К – Т	Т – Ц	Ц – ПС	П – ПС
2015	1,06	1,18	1,14	0,91	1,02
2016	0,51	1,91	2,47	2,36	2,01

Примечание. П – посев; К – кущение; Т – трубкование; Ц – цветение; ПС – полная спелость.

В годы проведения опыта урожайность зерна варьировалась в пределах от 18,2 в контрольном варианте до 49,1 ц/га в варианте с внесением максимальной дозы азота (N180) и в среднем по опыту составила 31,1 ц/га (Пасынков, Пасынкова, 2017), а содержание белка в зерне – 11,6, 17,6 и 16,5% соответственно (табл. 2). С повышением доз азотных удобрений наблюдалась устойчивая тенденция к снижению прибавок урожая зерна по сравнению с предыдущей дозой, а содержание белка в зерне при этом существенно возрастало в оба года проведения исследований.

Таблица 2. Урожайность и белковость зерна яровой тритикале в соответствии с показаниями приборов дистанционной диагностики

Показатель	Урожайность, ц/га	Содержание сырого белка (N _{общ.} ·5,7), % а.с.в.	N-тестер™ (ед. прибора)	GreenSeeker™ (NDVI)
min ... max	18,2 ... 49,1	11,6 ... 17,6	376 ... 826	0,28 ... 0,83
Сред.	31,1	16,5	585	0,62

Известно, что содержание азота в растениях по фазам вегетации является одним из важнейших показателей их физиологического состояния. Количество азота в растениях злаковых культур определяет не только уровень урожайности зерна, но и его качество, в частности содержание белка (Завалин, Соколов, 2018).

Анализ связи содержания белка в зерне тритикале с содержанием общего азота по фазам вегетации показал, что между ними существуют значимые тесные положительные зависимости (табл. 3), причем с прохождением фаз вегетации теснота связи (по величине r) возрастает. Результаты статистической обработки полученных экспериментальных данных свидетельствуют о том, что в фазу кущения какие-либо значимые зависимости содержания белка в зерне от показаний прибора N-тестерTM отсутствуют, а в фазы трубкования и цветения между ними наблюдаются значимые тесные положительные прямые зависимости. При этом наиболее тесно ($r = 0,926$) содержание белка связано с показаниями прибора в фазу трубкования.

Таблица 3. Зависимость между содержанием сырого белка в зерне яровой тритикале (% а.с.в.), содержанием общего азота по фазам вегетации (X, %) и показаниями приборов (Y, ед. прибора); $n = 14$ ($r_{\text{крит}} = 0,530$)

Y / X	ФВ	Уравнение регрессии	r	R^2
Содержание белка / азота по фазам	К	$Y = 10,231 + 1,326X$	0,618*	0,382
		$Y = -5,828 + 8,882X - 0,877X^2$	—	0,318
	Т	$Y = 12,689 + 1,083X$	0,781*	0,609
		$Y = 12,445 + 1,237X - 0,023X^2$	—	0,538
	Ц	$Y = 11,346 + 2,950X$	0,875*	0,765
		$Y = 1,014 + 14,976X - 3,418X^2$	ТЭ = 2,19	0,839*
Содержание белка / показания N-тестер TM	К	$Y = 15,375 + 1,982 \cdot 10^{-3}X$	0,129	0,012
		$Y = 65,896 - 0,220X + 0,0002X^2$	—	0,257
	Т	$Y = 0,729 + 0,026X$	0,926*	0,858
		$Y = 18,656 - 0,035X + 0,00005X^2$	—	0,837
	Ц	$Y = 8,255 + 0,011X$	0,757*	0,573
		$Y = 0,945 + 0,031X - 0,00001X^2$	—	0,502
Содержание белка / показания Green-Seeker TM	К	$Y = 15,202 + 2,713X$	0,271	0,074
		$Y = 23,731 - 39,326X + 49,575X^2$	—	0,028
	Т	$Y = -2,179 + 23,241X$	0,795*	0,633
		$Y = 59,041 - 135,256X + 102,357X^2$	—	0,579
	Ц	$Y = 3,507 + 19,639X$	0,790*	0,624
		$Y = -16,163 + 80,479X - 46,909X^2$	—	0,560

Примечание. $n = 14$ – общее число наблюдений; ФВ – фаза вегетации: К – кущение; Т – трубкование; Ц – цветение; 0,618* – значимо при $p < 0,05$; ТЭ – точка экстремума.

Анализ связи содержания белка в зерне с величиной NDVI (GreenSeekerTM) по фазам вегетации показал отсутствие значимой зависимости в фазу кущения и наличие значимых тесных прямых положительных связей в фазы трубкования и цветения. При этом теснота связи содержания белка с

показаниями прибора GreenSeekerTM в указанные фазы вегетации оказалась практически одинаковой ($r = 0,795$ и $0,790$ соответственно).

Таким образом, содержание белка в зерне яровой тритикале в фазу кущения более тесно (по величине r) связано с содержанием общего азота в растениях. С прохождением фаз вегетации теснота связи между ними возрастала. Каких-либо значимых зависимостей между содержанием белка в зерне и показаниями приборов N-тестерTM и GreenSeekerTM в начальный период вегетации (фаза кущения) не установлено. В фазы трубкования и цветения при использовании как химического способа, так обоих приборов была достигнута практически одинаковая точность измерений. Однако в фазу трубкования наиболее точные результаты были получены при применении N-тестераTM, а в фазу цветения – химического способа. Следует отметить, что сравнительно короткий период наблюдений (два вегетационных периода, хотя и с контрастными гидротермическими условиями) не позволяет сделать однозначных и корректных выводов о том, какой из способов диагностики является наиболее эффективным для прогноза белковости зерна яровой тритикале.

Список литературы

1. Научные основы и рекомендации по диагностике и оптимизации минерального питания зерновых и других культур / Под ред. Н. З. Милащенко. М.: Агроконсалт, 2000. 100 с.
2. Бирюкова О. А., Ельников И. И., Крищенко В. С. Оперативная диагностика питания растений. Ростов-на-Дону: ЮФУ, 2010. 168 с.
3. Пасынков А. В., Пасынкова Е. Н. Эффективность приборов N-тестерTM и GreenSeekerTM на посевах яровой тритикале // Тенденции развития агрофизики: от актуальных проблем земледелия и растениеводства к технологиям будущего. Матер. междунар. науч. конф. 27–29 сентября 2017 г. СПб., 2017. С. 737–742.
4. Точное сельское хозяйство (Precision Agriculture) / Под общ. ред. Д. Шпаара, А. В. Захаренко, В. П. Якушева. СПб. – Пушкин, 2009. 397 с.
5. Spitkó T., Nagy Z., Zsubori Z. T., Szőke C. et al. Connection between normalized difference vegetation index and yield in maize // Plant Soil Environ. 2016. Vol. 62. № 7. pp. 293–298. doi: 10.17221/676/2015-PSE.
6. Завалин А. А., Соколов О. А. Азот и качество зерна пшеницы // Плодородие. 2018. № 1. С. 14–17.