

# ОСНОВЫ РАСТИТЕЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКИ ПО ОПТИМИЗАЦИИ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ КУЛЬТУР ЗЕРНОСВЕКЛОВИЧНОГО СЕВООБОРОТА

## PLANT DIAGNOSTICS TO OPTIMIZE MINERAL NUTRITION IN CROP ROTATION WITH SUGAR BEETS AND GRAINS

**Тютюнов С.И.**, доктор с.-х. наук, директор  
**Никитин В.В.**, доктор с.-х. наук, главный научный сотрудник  
**Соловichenko В.Д.**, доктор с.-х. наук, заведующий лабораторией  
**Карабутов А.П.**, кандидат с.-х. наук, научный сотрудник

ФГБНУ «Белгородский федеральный аграрный научный центр  
 Российской академии наук»  
 Россия, г. Белгород, ул. Октябрьская, д. 58  
 E-mail: Valentin\_1937@list.ru, laboratoria.plodorodya@yandex.ru,  
 karabut.ap@mail.ru

Приведены результаты длительных полевых опытов по двум ротациям в пятипольных севооборотах с пятикратной повторностью в пространстве. Величина урожая свеклы сахарной очень тесно коррелирует с содержанием общего азота и фосфора в листьях и корнеплодах во все сроки отбора растительных образцов, по калию же, накопленному в листовом аппарате, положительная корреляция имеет место лишь в первые две недели роста, тогда как по корнеплодам прямая связь между урожаем и наличием калия сохраняется в течение всей вегетации. Для свеклы сахарной содержание азота в листьях при колебании урожая корнеплодов в пределах 10–50 т/га составляет во время образования 2–3 пар настоящих листьев 3,0–4,7%, в смыкании растений в рядках — 2,8–4,4%, при смыкании междурядий — 2,3–3,8%. Содержание фосфора с течением времени снижается более заметно, содержание валового калия коррелирует отрицательно с урожаем при смыкании листьев в рядках и междурядьях. По другим культурам зерносвекловичного севооборота азот и фосфор положительно коррелируют с урожаем во все сроки проведения наблюдений, а по калию наименьший коэффициент корреляции у зерновых культур, в частности, пшеницы озимой. Экспериментальный материал, полученный за много лет, позволяет рассчитать содержание валовых форм азота, фосфора и калия в растительной массе при разных уровнях урожая в широком диапазоне. Используя результаты приведенных таблиц и региональные нормативы затрат минеральных удобрений на единицу прибавочной продукции, можно и нужно рассчитывать дозы вегетационных подкормок минеральными удобрениями ведущих культур севооборота.

**Ключевые слова:** растительная диагностика, валовый азот, валовый фосфор, валовый калий, листья, корнеплоды, уборка, коэффициент корреляции, плановый урожай.

### Введение

Обзор литературы по данной проблеме показывает, что методические подходы и алгоритм расчетов практически во всех почвенно-климатических зонах Российской Федерации одинаковы, а вот опорные критерии (коэффициенты использования питательных веществ почвы и удобрений, нормативы выноса питательных веществ на единицу продукции, нормативы питательных веществ на прибавку урожая, глубины отбора образцов почвы и сроки, методики определения подвижных питательных элементов в почвах) различаются довольно существенно [1–4]. Отсюда и шкалы обеспеченности культур основных макроэлементами носят сугубо региональный характер, что является императивом решения этой важной проблемы для каждого конкретного региона на местном ценотическом материале.

Наиболее актуальной и сложной составной частью составления системы удобрения в севообороте является выбор доз и соотношений значимых микро- и макроэлементов, регламентирующий оптимальный уровень питания

**Tyutyunov S.I.**, Doctor of Agricultural Sciences  
**Nikitin V.V.**, Doctor of Agricultural Sciences  
**Solovichenko V.D.**, Doctor of Agricultural Sciences  
**Karabutov A.P.**, Candidate of Agricultural Sciences

“Belgorod Federal agricultural research Centre, Russian Academy of Sciences”  
 ul. Oktyabrskaya 58, Belgorod, Russia

*The article presents the results of a long-term field experiment. The experiment was conducted on two rotations in a five-course rotation. The experiment was performed in quintuplicate. Sugar beet yield was closely correlated with the content of total nitrogen and phosphorus in leaves and roots during in periods. However, the positive correlation with the content of potassium accumulated in the leaves was detected only in the first two weeks of growth, and in the roots — during the whole vegetation period. The content of nitrogen in the leaves of sugar beets (harvest fluctuation of 10–50 t/ha) was 3.0–4.7% during the formation of 2–3 pairs of real leaves, 2.8–4.4% during closing of crops, 2.3–3.8% during closing of row spacing. The content of phosphorus decreased more evident, the content of total potassium negatively correlated with the yield during closing of crop and row spacing. The other crops in the rotation showed a positive correlation of nitrogen and phosphorus with the yield during all periods. The lowest correlation coefficient was detected between potassium and cereals, in particular, winter wheat. Due to the data obtained over many years of the research, it is possible to calculate the content of total nitrogen, phosphorus and potassium at different yield levels. Using the results obtained, it is necessary to calculate doses of mineral nutrition.*

**Key words:** plant diagnostics, total nitrogen, total phosphorus, total potassium, leaves, roots, harvesting, correlation coefficient, conventional yield.

растений в течение всего вегетационного периода. Существует много методов по расчету доз удобрений под все сельскохозяйственные культуры с учетом планового урожая и содержания усвояемых элементов питания в почве.

Однако эти методы, в основе которых лежит разовое определение запасов питательных веществ, как правило, в пахотном горизонте, несут в себе определенные, иногда довольно существенные, недостатки. Почва представляет собой сложный живой гетерогенный организм, поведение которого жестко детерминируется складывающимися погодными условиями. Температурный и водно-воздушный режимы оказывают существенное влияние на направленность и интенсивность химических реакций, происходящих в почвенном растворе и почвенно-поглощающем комплексе (ППК) прямым путем и опосредованно — через почвенную биоту. В силу этого для объективного представления режима обеспеченности растений питанием необходим оперативно-диагностический контроль путем взятия растительных образцов в критические фазы роста и развития и их анализа на основные элементы питания.

### Методика

Рассматривая проблему определения уровня обеспеченности растений элементами питания за счет почвенных запасов и необходимости применения минеральных удобрений, можно отметить два направления. В основу первого направления положены результаты полевых агрохимических опытов, полученные по схеме с вариантами на типичных почвах. Второе направление предусматривает химические и физиолого-биологические анализы почв и растений в методах почвенной и растительной диагностики.

Совокупность этих методов представляет собой комплексный подход к диагностике питания растений, который позволяет: контролировать и создавать оптимальные условия питания, проверять действие удобрений при основном внесении, определять время, состав и дозы подкормок, обнаруживать абсолютный и относительный недостаток питательных веществ до того, как на листьях растений проявятся симптомы голодания, разрабатывать гибкую систему удобрения сельскохозяйственных культур для получения запрограммированных в количественном и качественном отношении урожаев.

### Результаты

Приступая к изучению этой проблемы, необходимо установить зависимость между наличием ведущих макроэлементов в растениях по основным фазам развития, совпадающим по времени с критическими периодами их роста и развития или с периодами максимального потребления питательных веществ.

Урожай сахарной свеклы очень тесно коррелирует с содержанием общего азота и фосфора в листьях и корнеплодах во все сроки отбора образцов, начиная с момента образования 2–3-х пар настоящих листьев и до технической спелости корнеплодов (табл. 1).

По калию, накопленному в листовом аппарате, положительная корреляция имеет место лишь в первые две недели роста, тогда как по корнеплодам прямая связь между урожаем и наличием калия сохраняется в течение всей вегетации.

Используя экспериментальный массив двух ротаций севооборота, методом корреляционно-регрессионного анализа рассчитывается содержание общих форм азота, фосфора и калия для культур, удобряемых в стационарном опыте минеральными удобрениями, соответствующими различным уровням урожая основной продукции. В качестве примера приводятся две ведущие культуры зерносвекловичного севооборота — свекла сахарная и пшеница озимая.

Для свеклы сахарной содержание азота в листьях при колебании урожая корнеплодов в пределах 10–50 т/га составляет во время образования 2–3-х пар настоящих листьев 3,0–4,7%, в смыкании растений в рядках — 2,8–4,4%, при смыкании междурядий — 2,3–3,8% (табл. 2). Содержание фосфора снижается с течением времени более заметно, чем азота, и интервалы колебаний по различным уровням урожая составляют в первый срок наблюдения 0,31–0,59%, во второй — 0,24–0,48%, в тре-

Таблица 1.

Корреляция между урожаем и содержанием NPK в растениях свеклы сахарной

2–3 пары наст. листьев	Листья			Корнеплоды		
	смыкание в рядках	смыкание в междурядьях	уборка	смыкание в рядках	смыкание в междурядьях	уборка
N						
0,96	0,99	0,99	0,91	0,99	0,99	0,87
P						
0,98	0,99	0,99	0,93	0,99	0,97	0,90
K						
0,67	-0,92	-0,99	-0,98	0,99	0,90	0,66

Таблица 2.

Планный урожай корнеплодов и содержание NPK в растениях свеклы сахарной

Урожай, т/га	2–3 пары наст. листьев, %			Смыкание в рядках, %			Смыкание в междурядьях, %		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K
< 10	< 3,0	< 0,31	< 3,3	< 2,8	< 0,24	< 1,8	< 2,3	< 0,21	< 1,4
10–20	3,0–3,8	0,31–0,41	3,3–4,1	2,8–3,5	0,24–0,33	1,8–2,3	2,3–2,9	0,21–0,28	1,4–1,8
20–30	3,9–4,2	0,42–0,49	4,2–4,4	3,6–4,0	0,34–0,39	2,4–2,6	3,0–3,4	0,29–0,34	1,9–2,0
30–40	4,3–4,5	0,50–0,54	4,5–4,6	4,1–4,2	0,40–0,44	2,7–2,8	3,5–3,6	0,35–0,39	2,1–2,2
40–50	4,6–4,7	0,55–0,59	4,7–4,8	4,3–4,4	0,45–0,48	2,8–2,9	3,7–3,8	0,40–0,43	2,2–2,3
> 50	> 4,7	> 0,59	> 4,8	> 4,4	> 0,48	> 2,9	> 3,8	> 0,43	> 2,3

тий — 0,21–0,43%. Содержание валового калия в листьях в первый срок определения находится на уровне азота. Во время смыкания растений в рядках и междурядьях при статистической обработке использовали корнеплоды, так как калий листового аппарата коррелирует с урожаем отрицательно и не может быть использован в диагностических целях. Необходимо отметить меньший сдвиг по содержанию калия в растениях в связи с изменением уровня урожая по сравнению с азотом и фосфором. Это хорошо согласуется и с индексами обеспеченности почвы обменными формами калия.

Общей закономерностью для всех элементов питания является наиболее заметное изменение их концентрации при низких уровнях урожаев; при переходе урожаев от средних к высоким содержание питательных веществ в растениях меняется очень незначительно.

Следует полагать, что живой организм, стремясь сохранить свой биологический статус в соответствии с генотипом, жадно поглощает элементы питания при низкой обеспеченности субстрата, и лишь создав необходимый базис для нормального течения физиологических процессов, приступает к накоплению пластических веществ.

Содержание общего азота в растениях пшеницы озимой рано весной уменьшается от фазы кущения к фазе трубкования, в колошении оно несколько выше, чем при выходе растений в трубку в связи с тем, что в первом случае в анализе использовалась листовая масса, более богатая азотом, чем вся надземная (табл. 3). Концентрация общего фосфора во времени изменяется плавно, а вот различия между разными уровнями урожаев достаточно существенны. Общее содержание фосфора в пшенице озимой при средних уровнях урожаев ниже, чем в свекле сахарной. Общего калия в растениях пшеницы озимой

Таблица 3.

Планный урожай и содержание NPK в растениях пшеницы озимой

Урожай, т/га	Кущение*, %			Выход в трубку*, %			Колошение**, %		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K
< 1	< 2,4	< 0,15	< 2,5	< 1,5	< 0,12	< 1,8	< 1,8	< 0,10	< 1,7
1-2	2,4- 3,3	0,15- 0,24	2,5- 3,0	1,5- 2,2	0,12- 0,19	1,9- 2,3	1,8- 2,5	0,10- 0,17	1,7- 2,0
2-3	3,4- 3,9	0,25- 0,31	3,1- 3,3	2,3- 2,7	0,20- 0,25	2,4- 2,6	2,6- 3,0	0,18- 0,22	2,1- 2,2
3-4	4,0- 4,4	0,32- 0,38	3,4- 3,5	2,8- 3,2	0,26- 0,31	2,7- 2,8	3,1- 3,4	0,23- 0,26	2,3- 2,4
4-5	4,5- 4,8	0,39- 0,44	3,6- 3,7	3,3- 3,6	0,32- 0,36	2,9- 3,0	3,5- 3,8	0,27- 0,30	2,5- 2,6
> 5	> 4,8	> 0,44	> 3,7	> 3,6	> 0,36	> 3,0	> 3,8	> 0,30	> 2,6

\*Все растение, \*\* флаговый лист

## ЛИТЕРАТУРА

1. Тютюнов С.И. Диагностические основы прогнозирования урожая культур зерносвекловичного севооборота на черноземах ЦЧР / С.И. Тютюнов. — Белгород: Изд-во «Отчий край», 2016. — 235 с.
2. Никитин В.В. Основы почвенно-растительной диагностики сельскохозяйственных культур / В.В. Никитин, С.И. Тютюнов, В.Д. Соловichenko. — Белгород: Изд-во «Отчий край», 2017. — 48 с.
3. Никитин В.В. Оптимизация минерального питания культур зерносвекловичного севооборота на черноземах типичных Юго-запада ЦЧЗ: дис. ... д-ра с.-х. наук / В.В. Никитин. — М., 1998. — 376 с.
4. Ельников И.И. Экологическое направление в развитии исследований по почвенно-растительной диагностике / И.И. Ельников // Почвоведение: аспекты, проблемы, решения. — М., 2003. — С. 536–552.

## REFERENCES

1. Tyutyunov S.I. Diagnostic bases of prediction of yields of cultures of a grain-shedding crop rotation on chernozem TSCHR / S.I. Tyutyunov. Belgorod: Publishing house "Otchi kray", 2016. 235 p.
2. Nikitin V.V. Fundamentals of soil and plant diagnostics of agricultural crops / V.V. Nikitin, S.I. Tyutyunov, V.D. Solovichenko. Belgorod: Publishing house "Otchi kray", 2017. 48 p.
3. Nikitin V.V. Optimization of mineral nutrition of crops of grain-creek crop rotation on chernozems of typical Southwest TSCHZ: dis. doct. s.-h. sciences / V.V. Nikitin. M., 1998. 376 p.
4. Elnikov I.I. Ecological direction in the development of research on soil and plant diagnostics / I.I. Elnikov // Pochvovedenie: aspects, problems, solutions. M., 2003. P. 536–552.

содержится меньше, чем в свекле сахарной, однако изменение концентрации этого элемента в пшенице с увеличением урожая происходит не так резко, как азота и фосфора.

## Выводы

Используя результаты приведенных таблиц и региональные нормативы затрат минеральных удобрений на единицу прибавочной продукции, можно рассчитать дозы вегетационных подкормок минеральными удобрениями ведущих культур зерносвекловичного севооборота, в данном случае, свеклы сахарной и пшеницы озимой, рассчитанные на получение запрограммированного урожая.

AGROSALON

ПРИГЛАШАЕМ НА НАШ СТЕНД

9-12 ОКТЯБРЯ  
OCTOBER 2018

МВЦ «КРОКУС ЭКСПО», МОСКВА, РОССИЯ



## НА АГРОСАЛОН ВСЕЙ СТРАНОЙ!

Международная выставка сельхозтехники АГРОСАЛОН предлагает специальную программу для делегаций сельхозтоваропроизводителей из регионов Российской Федерации.

Каждый может воспользоваться уникальным предложением и, собрав делегацию от пятнадцати сельхозтоваропроизводителей, совершенно бесплатно посетить выставку АГРОСАЛОН!

Заполнив заявку на сайте, делегация получит бесплатный автобус из региона до Москвы и обратно. По прибытии на выставку каждую группу встретит и сопроводит персональный гид.

Помимо организованного посещения стендов компаний-производителей, а также многочисленных встреч и бизнес-переговоров, в программу визита войдет обширная деловая программа. Откроет деловую программу Российский агротехнический форум, в котором примут участие более 300 экспертов – руководители органов государственной власти, владельцы агрохолдингов и машиностроительных предприятий, эксперты научных и отраслевых центров, руководители сервисных и дилерских организаций. На обучающих семинарах, мастер-классах и конференциях с участием ведущих экспертов участники делегаций познакомятся с передовыми технологиями и получат полезную для бизнеса информацию.

Каждой делегации будут предоставлены все возможные информационные материалы, в том числе официальный каталог и CD-диск с полным перечнем участников.

Для этого нужно подать заявку, организовать делегацию и посетить это знаковое для отрасли мероприятие!

Выставка АГРОСАЛОН пройдет с 9 по 12 октября 2018 года в Москве, в международном выставочном центре «Крокус Экспо». АГРОСАЛОН официально входит в ряд самых известных международных экспозиций сельхозтехники, и является единственной в России выставкой, представляющей продукцию всех лидирующих мировых производителей сельхозтехники.

<http://agrosalon.ru/Visitor/Delegations/Delegations-info/>