IPNI
INTERNATIONAL
PLANT NUTRITION
INSTITUTE

Роль калия в питании растений

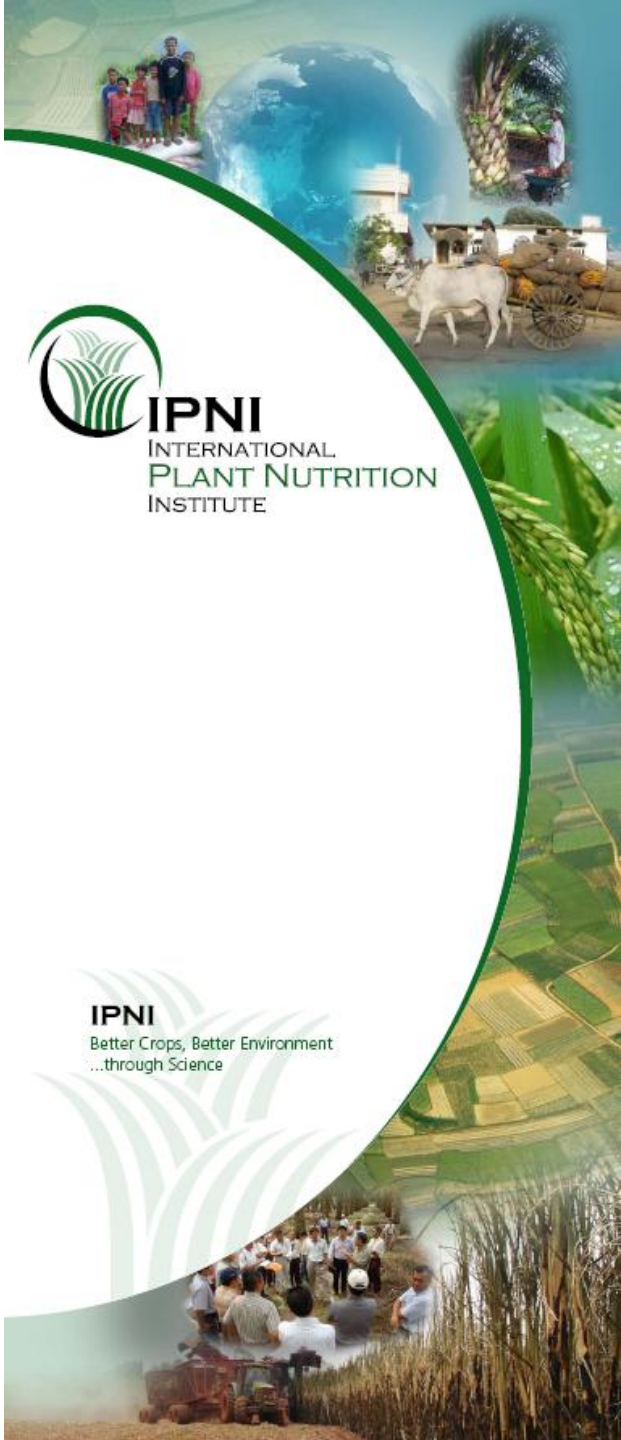
Носов Владимир Владимирович
Региональный директор по Югу и Востоку России, к.б.н.

Филиал «Международного института питания растений» в РФ
125466, Москва, ул. Ландышевая, д. 12, офис 17а
Тел.: (495) 580 64 14
vnosov@ipni.net
www.ipni.net eeca-ru.ipni.net

Содержание

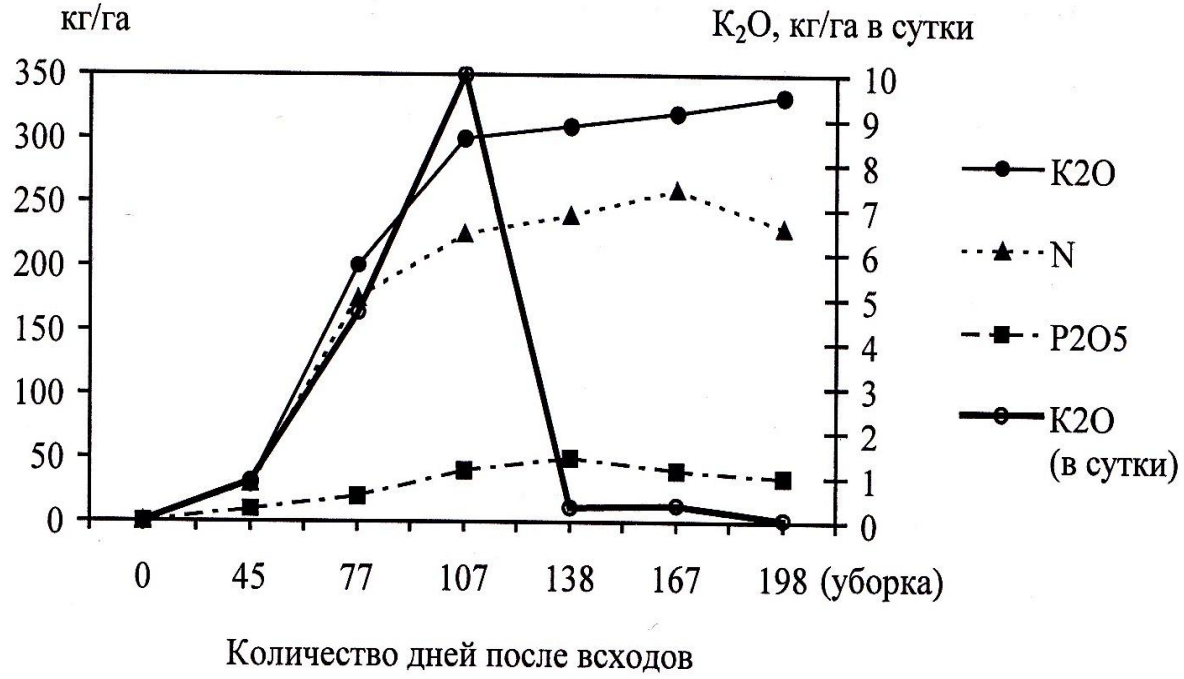
1) Функции калия в растении
2) Роль калийных удобрений в повышении устойчивости растений к неблагоприятным факторам внешней среды
3) Роль калийных удобрений в повышении устойчивости растений к поражению болезнями и повреждению вредителями
4) Внешние признаки недостатка калия у сельскохозяйственных культур

Функции калия в растении



Поглощение элементов питания растениями из почвы

Растения потребляют на единицу формируемого урожая значительно больше калия, чем других элементов питания. Особенно это касается культур, образующих большое количество сахаров, крахмала и жира.
Пример – **сахарная свекла:**





Источник: C. Winner - цит. по В.В. Прокошев, И.П. Дерюгин, 2000

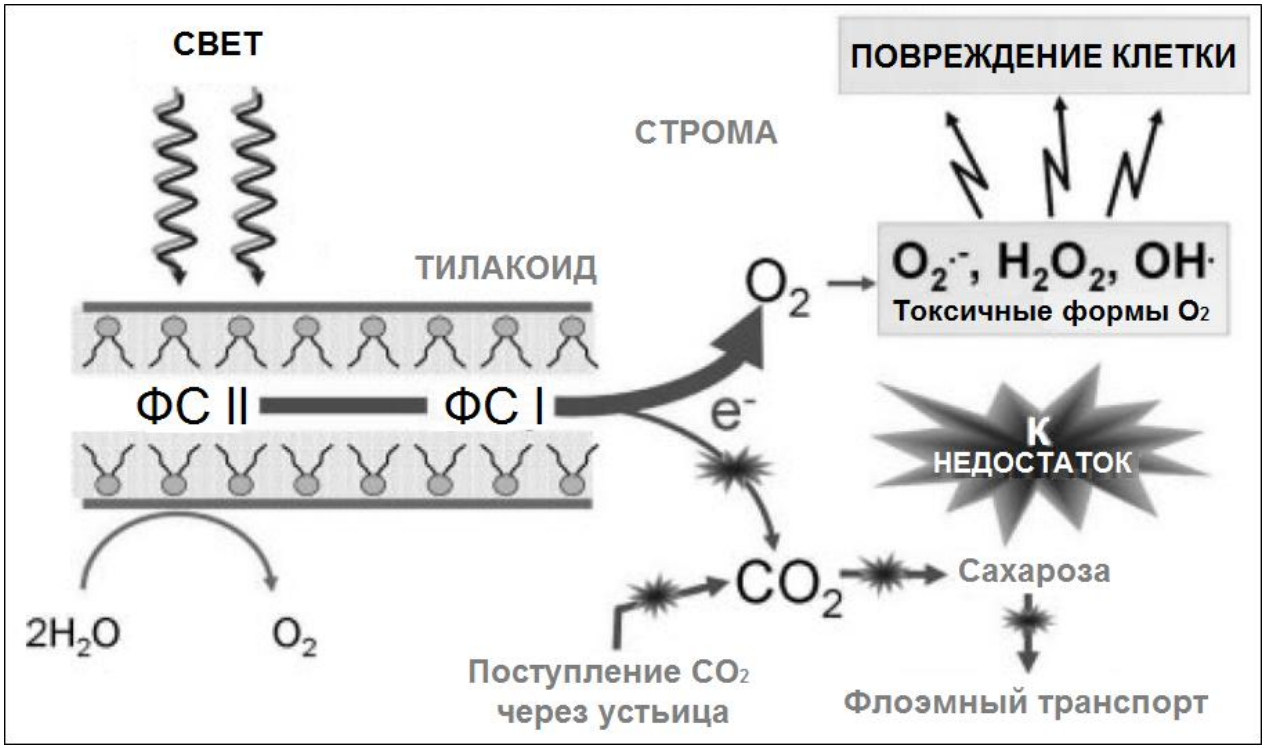
Физиологические функции калия в растении

Калий участвует во многих важных физиологических процессах, протекающих в растении:

- ✓ **повышает фотосинтетическую активность, ускоряет отток и способствует накоплению продуктов фотосинтеза;**
- ✓ **активизирует функционирование свыше 60-ти ферментов и ферментных систем;**
- ✓ **повышает скорость усвоения азота, образование белка и снижает содержание нитратов в сельскохозяйственной продукции;**
- ✓ **оптимизирует кислотно-щелочной баланс;**
- ✓ **усиливает синтез целлюлозы и пектиновых веществ, что увеличивает толщину клеточных стенок и повышает прочность тканей;**
- ✓ **усиливает азотфиксацию и способствует формированию клубеньков на корнях бобовых культур;**
- ✓ **снижает интенсивность транспирации и повышает водоудерживающую способность листьев.**

IPNI

Недостаток калия ведет к образованию активных форм кислорода (АФК) в хлоропластах



ФС I и ФС II – фотосистемы I и II соответственно

- ингибирование реакций при недостатке калия

Приведена схема переноса электронов в хлоропластах при фотосинтезе и образования АФК. При недостатке калия АФК также образуются в реакциях с участием НАДФН-оксидазы в клетках корня.

Источники: I. Cakmak, 2005; Waraich *et al*., 2012

Значение калийных удобрений

Эффективность других элементов питания

Продуктивность пашни

Структуру урожая

Минеральный состав продукции



Устойчивость к полеганию

Содержание витаминов

Зимостойкость, устойчивость к заморозкам

Содержание незаменимых аминокислот

Засухоустойчивость

Товарность и сохранность продукции

Качество продуктов переработки

Устойчивость к болезням и вредителям

Источник: адаптировано из В.В. Прокошев, И.П. Дерюгин, 2000

IPNI

Роль калийных удобрений в повышении устойчивости растений к неблагоприятным факторам внешней среды



«Встреча без галстуков-2014» ОАО «Уралкалий», 24 января 2014 г.

Устойчивость растений к засухе: осморегуляция

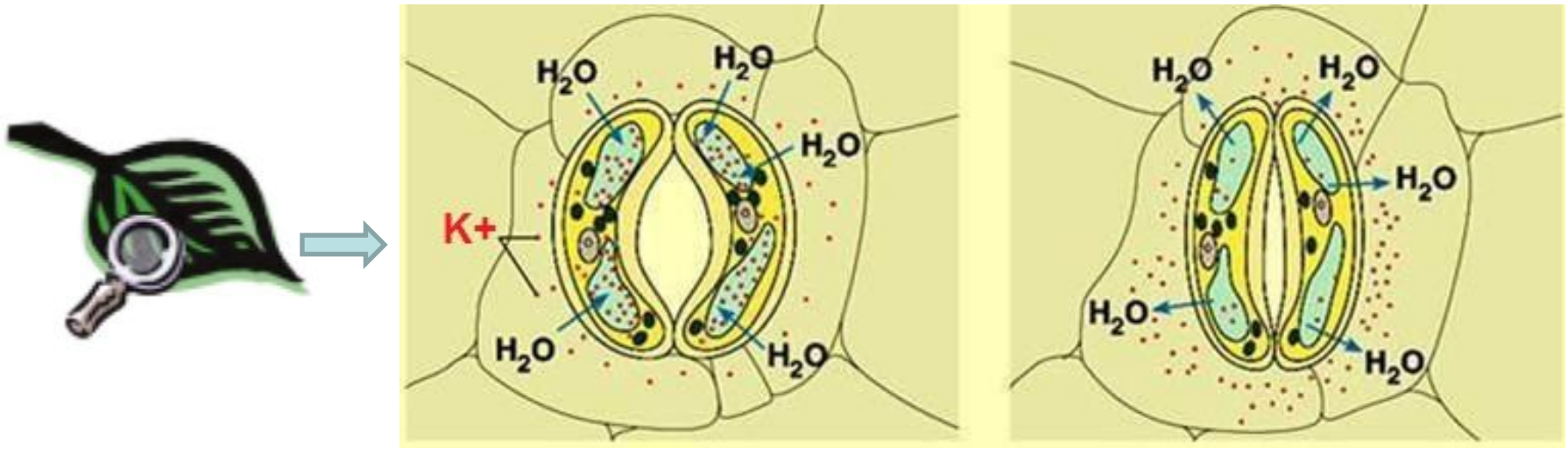
- ✓ Калий играет важную роль в процессах осмотической регуляции (снижение осмотического потенциала за счет аккумуляции осмотически активных веществ в клетках растений в ответ на водный стресс), поскольку способен быстро перемещается между органами растения.



- ✓ При высокой доступности калия в почве растения способны поглощать избыточные количества калия и аккумулировать в тканях стебля. При наступлении водного стресса калий может быстро перемещаться в фотосинтезирующие органы (листья). Благодаря этому обеспечивается высокая водоудерживающая способность и сохраняется тургор.

Источник: адаптировано из Z. Rengel, 2013

Устойчивость растений к засухе: регулирование движения устьиц

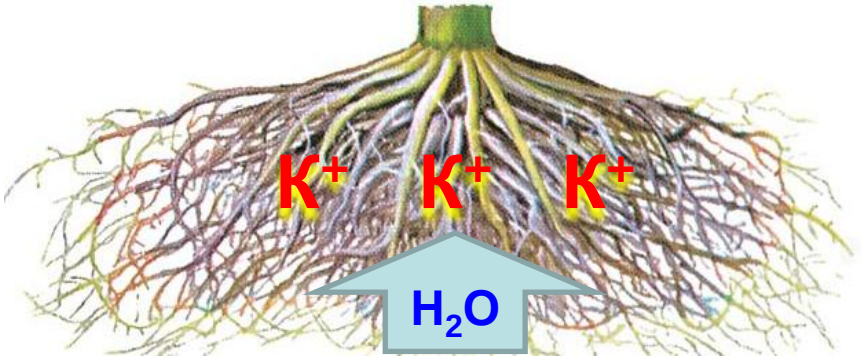


- Испарение воды листьями растений (транспирация) и дыхание (газообмен) осуществляются через устьица. При поступлении калия в замыкающие клетки тургор повышается, и устьица открываются. При снижении концентрации калия в замыкающих клетках тургор снижается, и устьица закрываются.
- При недостатке калия устьица открываются не полностью.
- При недостатке калия закрытие устьиц протекает медленно, вызывая излишние потери воды растением. Опыт, проведенный с растениями ячменя показал, что в засушливых и ветренных условиях при достаточном питании калием устьица закрываются через 5 мин, а при недостатке калия – только через 45 мин.

Источники: P. Imas, 2003; G.R. Kantharaj (preuniversity.grkraj.org); P.A. Gething, 1990

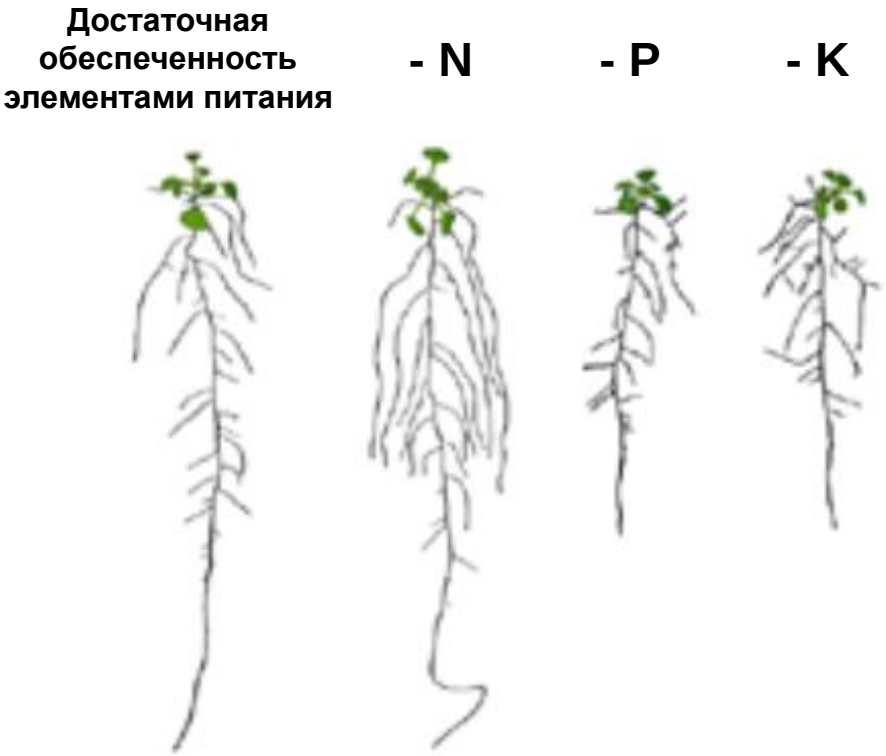
Устойчивость растений к засухе: усиление поглощение воды корнями

- ✓ Исследование 19-ти видов растений (культурных, лугово-кормовых, рудеральных и лесных) свидетельствует о поддержании в осевых органах растений апикального градиента концентрации калия.
- ✓ Циркуляция калия – это механизм, обеспечивающий усиление поступления воды в растения за счет поддержания высокого уровня калия в зоне поглощения корня.
- ✓ Циркуляция калия – общее свойство всех растений. Оптимизация питания калием увеличивает устойчивость растений к засухе (независимо от их системной принадлежности).



Источник: М.Ш. Зялалов и др., 2010

Устойчивость растений к засухе: лучшее развитие корневой системы



Опыты с *Arabidopsis Thaliana* (резушка Таля)

При достаточной обеспеченности растений калием корневая система растений развивается лучше, что позволяет ей проникать глубже и использовать влагу из нижележащих слоев почвы.

Источник: B.D. Gruber *et al.*, 2013

Улучшение водного режима яблони

Вариант опыта	Оводненность листьев, %			Водопотери листьев, %		
	июль	август	сентябрь	июль	август	сентябрь
$N_{130}P_{65}K_{65}$	59.4	58.9	54.0	12.6	8.7	6.8
+ K_{30} (подкормка)	61.0	61.3	55.6	8.8	5.6	5.2

Опыт Кубанского ГАУ на черноземе выщелоченном без орошения (год закладки – 2002). Средние данные за 2009-2011. Подкормка К – в июне. Сорт – Флорина, подвой – ММ106. Водопотери листьев – через 2 часа после срезки.

Источник: Т.Н. Дорошенко и др., 2012

Зимостойкость озимых культур



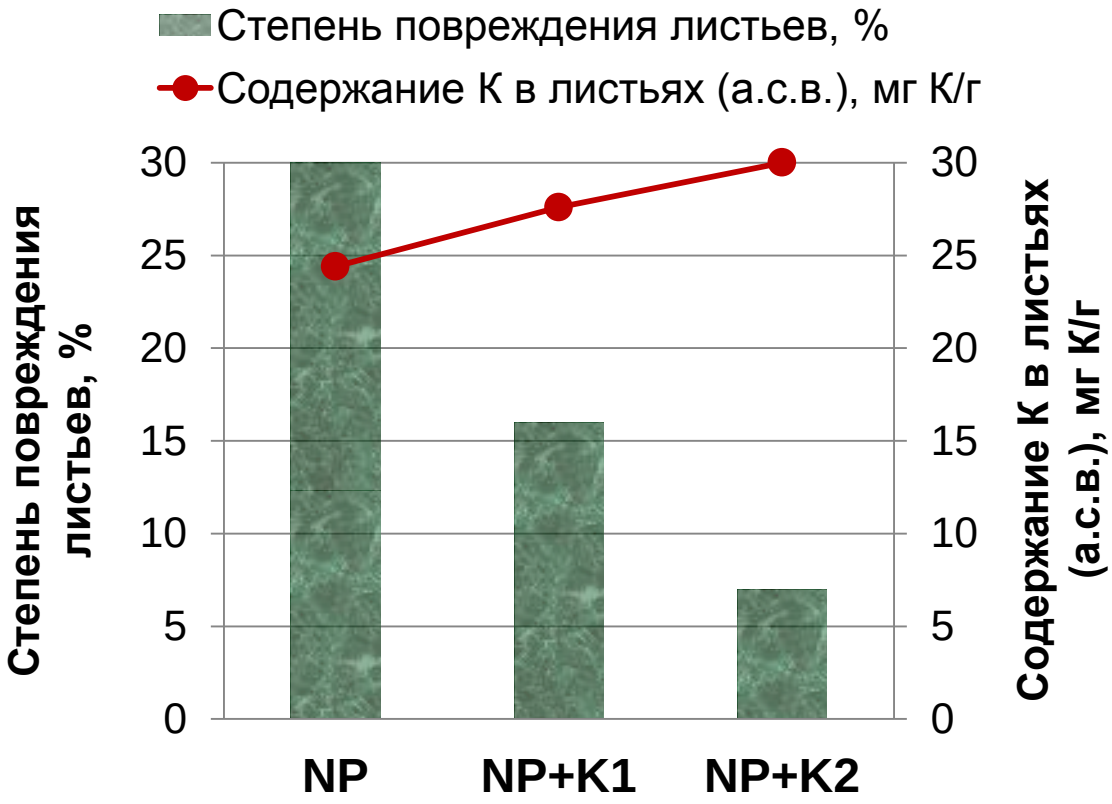
Подвижный К, мг K_2O/кг почвы*	Содержание сахаридов в узле кущения озимой пшеницы осенью	
	Σ,% от массы а.с.в.	дисахариды, % от Σ
110	22.8	78
145	25.1	84
155	26.5	80
179	25.6	80

** Уровни на дерново-подз. почве создавались осенью 2006 г.: яровой ячмень – 2007 г., озимая пшеница – 2008 г. (без известкования).*

- Оценку готовности растений к зимовке можно проводить по количеству сахаридов, накопленных осенью в узле кущения, и их расходованию в процессе перезимовки.
- Зимой под снегом сахара необходимы для понижения температуры замерзания клеточного сока и воды в протоплазме клеток (осморегуляция), а также, как энергетический материал для дыхания растений.
- Калий повышает содержание сахаридов, включая дисахариды, в узле кущения.

Источники: М.А. Кузьмич и др., 2012; О.Г. Назаренко и др., 2009

Повышение устойчивости картофеля к заморозкам





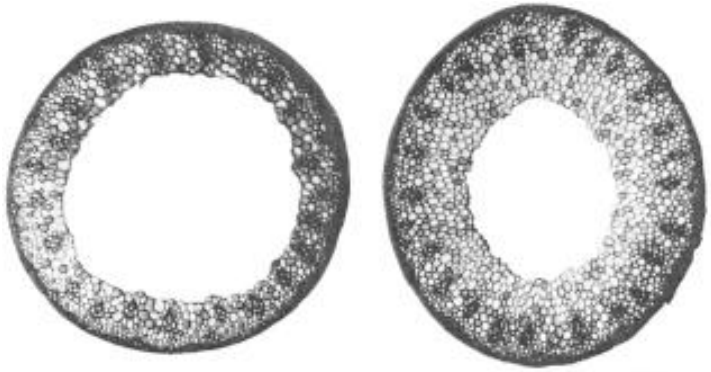
Опыты Центрального НИИ картофеля (Шимла, Индия) на аллювиальных почвах легкого гранулометрического состава. Дозы К – 50.6 и 101.2 кг K_2O/га.

Источник: J.S. Grewal and S.N. Singh, 1980

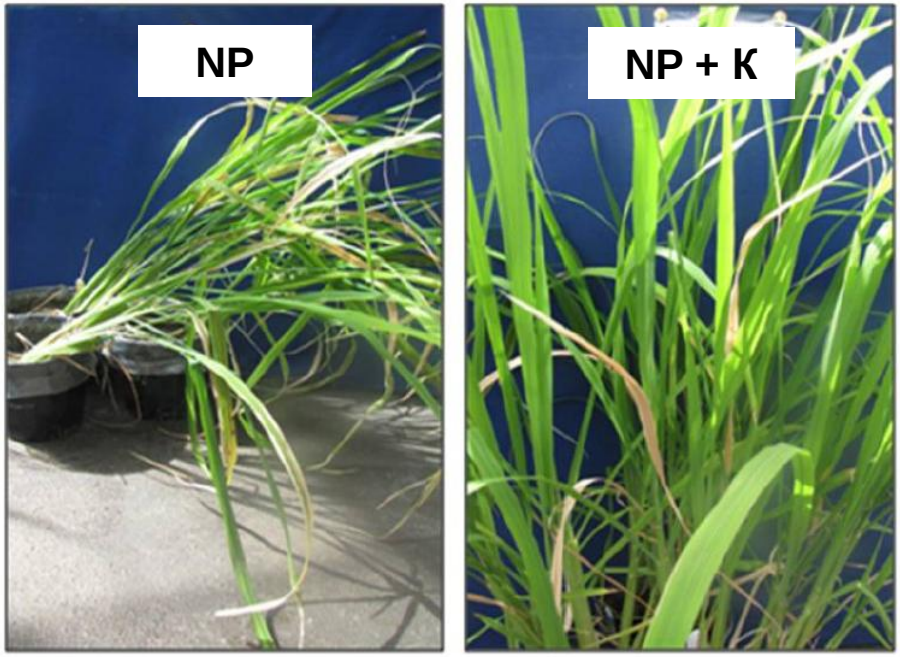
Устойчивость злаковых культур к полеганию

Недостаточное питание К

Оптимальное питание К



Поперечный срез стебля пшеницы (3-е междоузлие) при недостаточном и оптимальном питании калием.



Вегетационный опыт Университета Новой Англии (Австралия). 84 дня после высадки рассады. Обменный К – 94 мг K_2O/кг почвы. Доза К: 241 мг K_2O/кг почвы.

При оптимальном питании калием у злаковых культур увеличивается толщина стенок соломины. Это происходит за счет того, что у клеток склеренхимы и паренхимы образуются утолщенные стенки с более высоким содержанием лигнина. Кроме того, наблюдается и уменьшение длины междоузлий (отмечено в опытах на рисе).

Источники: S. Kant, U. Kafkafi, 2001; K.M. Bhiah *et al*., 2010; U. Zaman *et al*., 2013

IPNI



Роль калийных удобрений в повышении устойчивости растений к поражению болезнями и повреждению вредителями

«Встреча без галстуков-2014» ОАО «Уралкалий», 24 января 2014 г.

Устойчивость растений к вредителям и болезням: механизмы

Основные механизмы, обеспечивающие положительное действия калия на устойчивость растений к поражению болезнями и повреждению вредителями:

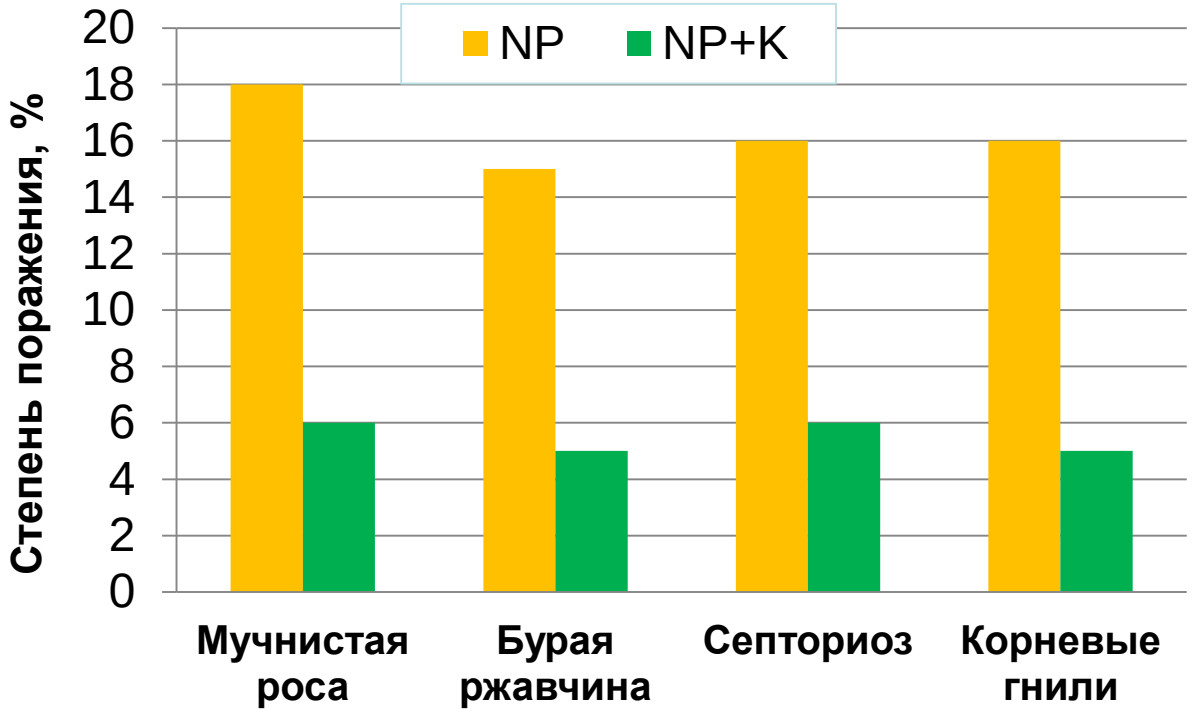
1. **Непосредственное угнетающее действие солей калия на развитие и размножение вредителей и патогенных микроорганизмов.**
2. **Увеличение прочности растительных тканей, толщины клеточных стенок и кутикулы – защитного восковидного слоя (у листьев, стеблей, плодов). Положительное влияние на синтез фенольных соединений – основы многих защитных механизмов растений, а также аргинина – аминокислоты, токсичной для возбудителя фитофтороза.**
3. **«Пищевой» механизм: в растительных клетках не накапливаются низкомолекулярные растворимые органические соединения, служащие благоприятной питательной средой для развития болезнетворных микроорганизмов и питания вредителей.**

Источники: адаптировано из S. Perrenoud, 1990; В.В. Прокошев и И.П. Дерюгин, 2000; P. He *et al.*, 2006

Повышение устойчивости озимой пшеницы к грибным болезням



Бурая ржавчина пшеницы
Михайлова Л.А. (ВИЗР), 2008.
www.agroatlas.ru/ru/content/diseases/Tritici/Tritici_Puccinia_recondita/

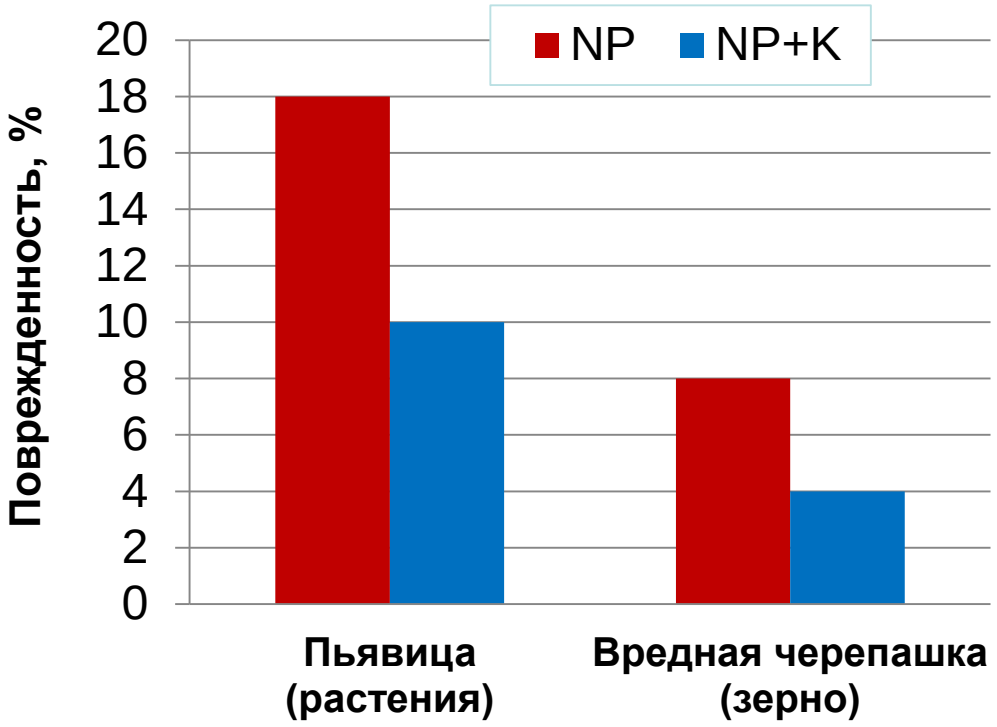


Источник: А.И. Лахидов, 1997

Повышение устойчивости озимой пшеницы к повреждению вредителями



Вредная черепашка
Нейморовец В.В. (ВИЗР), 2008.
www.agroatlas.ru/ru/content/pests/Eurygaster_integriceps/



Источник: А.И. Лахидов, 1997

Повышение устойчивости кукурузы к стеблевым гнилям



NP



NP + K

В провинции Цзилинь (Китай) широко распространены фузариозные стеблевые гнили кукурузы, и одним из доминирующих видов возбудителей является *Fusarium graminearum*. Ломкость стеблей и обвисание початков – типичные признаки стеблевых гнилей.

Источник: Ji-yun Jin *et al*., 2007

Повышение устойчивости кукурузы к стеблевым гнилям: роль калия и хлора

Вариант опыта	Степень распространения болезней, %	Урожай зерна, т/га	Прибавка к фону, %
NP – фон	25 a	7.11 c	-
+ K_{120} ($KN0_3$)	14 b	9.16 a	29
+ K_{240} ($KN0_3$)	12 b	8.55 b	20
+ $K_{120}Cl_{90}$	11 b	8.62 ab	21
+ $K_{240}Cl_{180}$	10 b	9.05 ab	27
+ Cl_{90} ($CaCl_2$)	17 ab	7.37 c	4
+ Cl_{180} ($CaCl_2$)	17 ab	7.17 c	1

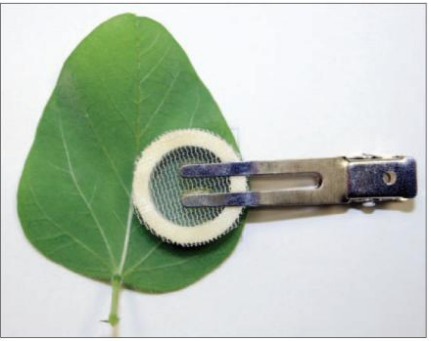
* Одинаковые буквы – нет статистически значимых различий (исходя из НСР, $p<0.05$).

Полевой опыт в провинции Цзилинь в Китае (2005 г.). Гибрид – устойчивый к стеблевым гнилям (Цзидань 180). Обменный К – очень низкий (51 мг K_2O/кг почвы), водорастворимый Cl - 30.2 мг Cl/кг почвы. В почву вносили также S, Zn и Cu.

Источник: Ji-yun Jin *et al*., 2007

Подавление развития и размножения соевой тли

Доза K_2O, кг/га	Маленькие садки		Большие садки	
	Возраст тли при появлении первого поколения личинок, дн.	Количество личинок на одну взрослую особь, шт.	Численность тли, особей/растение	
	14 июля		30 июня	15 июля
0	8.8	88	703	6858
157	11.0	71	233	2315



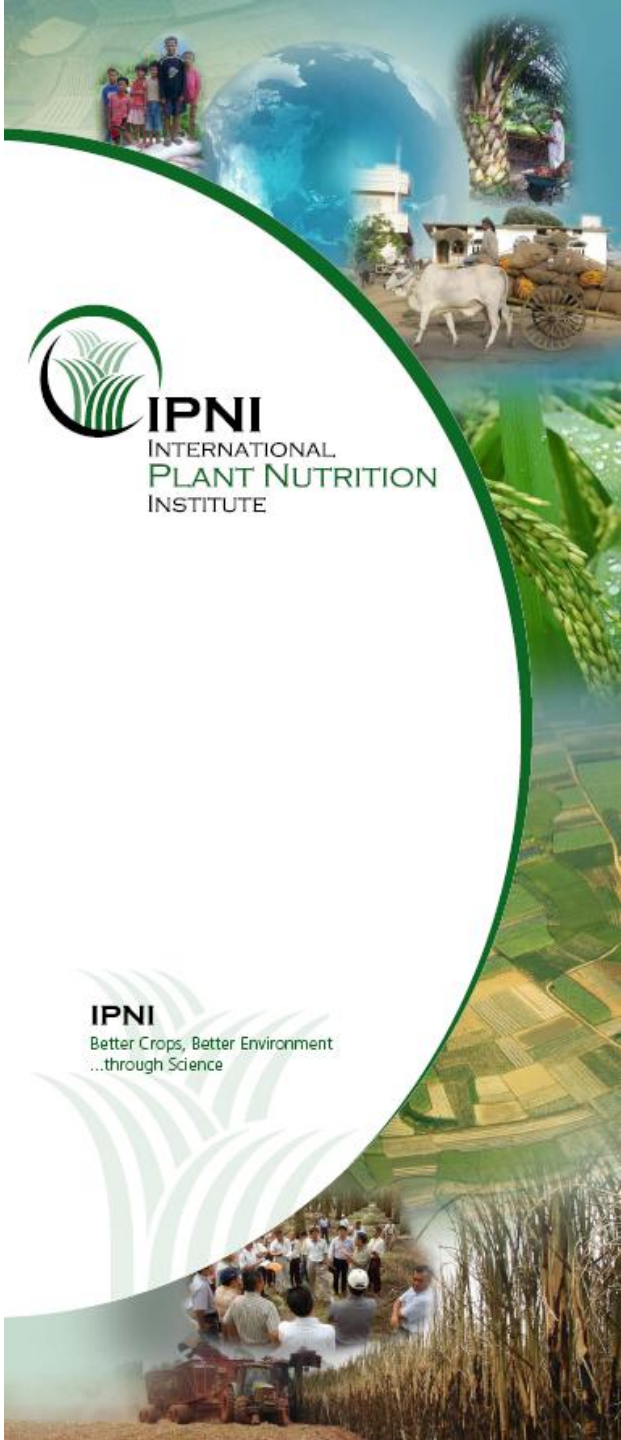
Содержание аспарагина в растительном соке повышалось при снижении содержания обменного К: при 145 мг K_2O/кг почвы доля аспарагина от суммы аминокислот составляла 3-10%, а при 24 мг K_2O/кг – 8-20%. Аспарагин выделяется во флоэму для поддержания осмотического баланса при недостатке К. Аспарагин – хороший источник азота для тли.



Полевой опыт Университета штата Мичиган (США) в 2004 г. Урожайность – при влажности 13%.

Источник: T. Bruulsema *et al.*, 2010

Внешние признаки недостатка калия у сельскохозяйственных культур



Внешние признаки недостатка калия у растений

- «Краевой ожог» (краевой хлороз и некроз) листьев – характерные признаки недостатка калия у растений, но не единственные.

- Калий – подвижный элемент в растении и легко передвигается из старых частей растения в активно растущие молодые. Недостаток калия сначала проявляется на нижних листьях. Верхние листья при этом остаются зелеными и сохраняют здоровый вид.

- При слабом недостатке калия у растений может наблюдаться «скрытое калийное голодание» - без проявления внешних признаков.



IPNI

Пшеница



Источник: M.K. Sharma and P. Kumar (IPNI Crop Nutrient Deficiency Image Collection, 2011)

Ячмень





Источник: M.K. Sharma and P. Kumar (IPNI Crop Nutrient Deficiency Image Collection, 2011)

Кукуруза





Источник: C.R. Crozier; M.K. Sharma and P. Kumar (IPNI Crop Nutrient Deficiency Image Collection, 2011)

Люцерна



Источник: A. E. Ludwick (IPNI Crop Nutrient Deficiency Image Collection, 2011)

Соя



Источник: T.S. Murrell (IPNI Crop Nutrient Deficiency Image Collection, 2011)

Рапс



Источник: K+S KALI GmbH

Сахарная свекла



Источник: M. Hasegawa (IPNI Crop Nutrient Deficiency Image Collection, 2011)

Картофель





Источник: A.E. Ludwick; T.L. Roberts (IPNI Crop Nutrient Deficiency Image Collection, 2011)

Тыква



Источник: IPNI (IPNI Crop Nutrient Deficiency Image Collection, 2011)

Яблоня



Источник: IPNI (IPNI Crop Nutrient Deficiency Image Collection, 2011)

Дополнительные внешние признаки недостатка K (на примере кукурузы)

1. Снижение высоты растений
2. Уменьшение размеров листьев и площади листовой поверхности, замедление вегетативного роста
3. Задержка выметывания метелок и пестичных столбиков
4. Увеличение полегания растений (в том числе и от стеблевых гнилей, усиливающихся при недостатке калия)



Источник: Murrell, 2010

IPNI
INTERNATIONAL
PLANT NUTRITION
INSTITUTE



Спасибо за внимание!

www.ipni.net

Выше урожай и качество, сохраняя окружающую среду...

С помощью науки