IPNI
INTERNATIONAL
PLANT NUTRITION
INSTITUTE

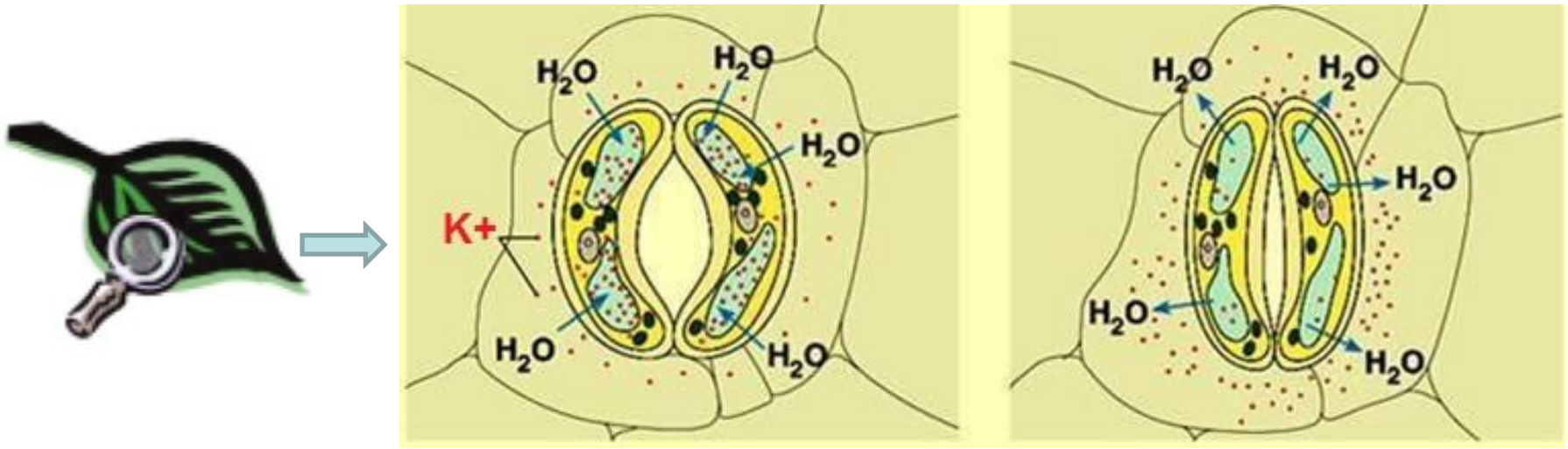
Роль калия в питании растений и эффективность калийных удобрений

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 17 В
Тел.: (495) 580 64 14
vnosov@ipni.net
www.ipni.net eeca-ru.ipni.net

«Встреча без галстуков» для операторов ОАО «Уралкалий», 27 февраля 2013 г.

Устойчивость к засухе: регулирование движения устьиц

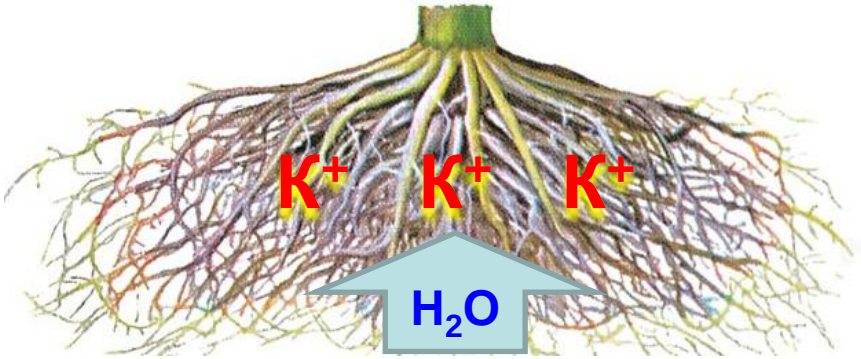


- Испарение воды листьями растений (транспирация) и дыхание (газообмен) осуществляются через устьица. При поступлении калия в замыкающие клетки тургор повышается, и устьица открываются. При снижении концентрации калия в замыкающих клетках тургор снижается, и устьица закрываются.
- При недостатке калия устьица открываются не полностью. Закрытие устьиц при недостатке калия 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.

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

Устойчивость к засухе: усиление поглощения воды корнями

- ✓ Исследование 19-ти видов растений (культурных, лугово-кормовых, рудеральных и лесных – 10 семейств, 3 типа фотосинтеза) 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

Зимостойкость



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

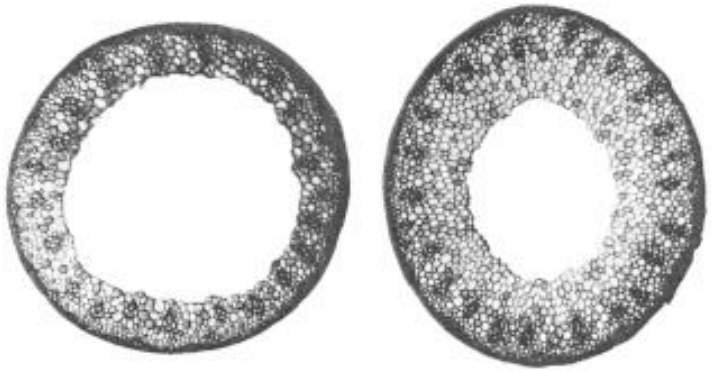
** Уровни на дерново-подзолистой почве создавались осенью 2006 г.: яровой ячмень – 2007, озимая пшеница – 2008 г. (опыт МосНИИСХ).*

- 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.

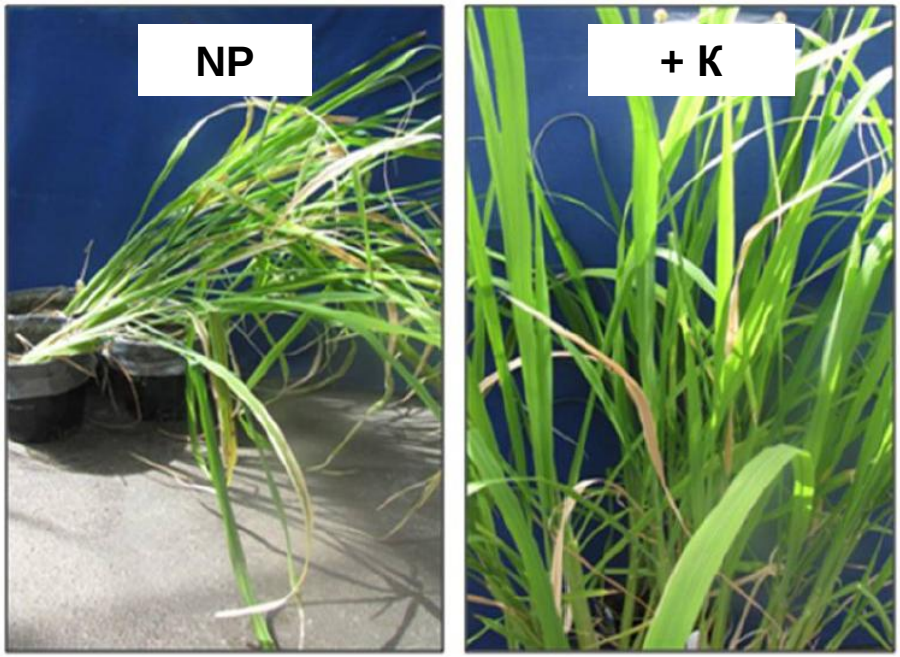
Источник: М.А. Кузьмич и др., 2012; О.Г. Назаренко и др., 2009

Устойчивость к полеганию

Низкий К **Оптимальный 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 К2О/кг почвы. Доза К: 241 мг K_2O/кг почвы.

- При оптимальном питании калием у злаковых культур увеличивается толщина стенок соломины, что делает ее более устойчивой к полеганию.

Источник: S. Kant and U. Kafkafi, 2001; K.M. Bhiah et al., 2010

Устойчивость 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.**

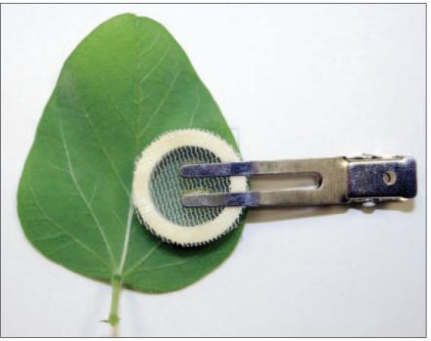


Бурая ржавчина пшеницы
Л.А. Михайлова (ВИЗР), 2008.
Агроатлас.

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

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. (Walter and DiFonzo, 2007). Урожайность – при влажности 13%.

Источник: цит по T. Bruulsema et al., 2010

Устойчивость 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}	14 b	9.16 a	29
+ K_{240}	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}	17 ab	7.37 c	4
+ Cl_{180}	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

Сахарная свекла: урожайность и качество

Вариант опыта	Урожайность корнеплодов, т/га	Прибавка от К		Содержание сахара, %	Сбор сахара, т/га	Прибавка от К	
		т/га	%			т/га	%
0	29.5	-	-	15.7	4.63	-	-
$N_{60}P_{80}$	39.1	-	-	15.8	6.18	-	-
$N_{60}P_{80}K_{60}$	42.7	3.6	9	16.0	6.83	0.65	11

Многолетний опыт Северокубанской СХОС Краснодарского НИИСХ на черноземе обыкновенном тяжелосуглинистом (Краснодарский край). 10-ти польный севооборот. Усредненные данные за 3 ротации (1979-2008 гг.). К вносился еще в 7-ти полях севооборота. На 1 га севооборотной площади в среднем вносилось (кг/га): N – 45, P_2O_5 – 53, K_2O – 36. Исходное содержание подвижного К – повышенное (380 мг K_2O/кг почвы по Мачигину).

Источник: С.И. Баршадская и Ф.И. Дерека, 2012

Кукуруза: урожайность

Вариант опыта	Урожайность зерна, т/га			Прибавка урожая от К		Окупаемость К зерном, кг/кг
	2011	2012	среднее	т/га	%	
0	7.45	6.61	7.03	-	-	-
$N_{100}P_{80}$*	8.43	7.38	7.91	-	-	-
$N_{100}P_{80}K_{60}$*	8.99	7.50	8.25	0.34	4	5.7
$НСР_{0.05}$	0.27		-	-	-	-

** В данных вариантах проведена обработка семян Zn.*

Опыты проводятся в хозяйствах сотрудничестве с каф. почвоведения и оценки земельных ресурсов ЮФУ. Почва – чернозем обыкновенный карбонатный (Ростовская обл.). Предшественники – озимая пшеница (2010) и соя (2011). Содержание подвижного К – повышенное (306-327 мг $К_2О$/кг почвы по Мачигину). Обменный К – 449-452 мг $К_2О$/кг почвы. Урожайность – при влажности 15.5%. Гибрид – Фурио.

Озимая пшеница: урожайность

Вариант опыта	*Предшественник – подсолнечник*			*Предшественник – соя*		
	Урожай зерна, т/га	Прибавка урожая от К, т/га	Окупаемость 1 кг K_2O прибавкой урожая, кг/кг	Урожай зерна, т/га	Прибавка урожая от К, т/га	Окупаемость 1 кг K_2O прибавкой урожая, кг/кг
$N_{120}P_{90}$	4.92	-	-	6.29	-	-
$N_{120}P_{90}K_{60}$	5.44	0.52	8.7	6.64	0.35	5.8

Опыты ВНИИ масличных культур на выщелоченном черноземе (Краснодарский край). Средние данные за 19 лет. Дозы удобрений на 1 га севооборотной площади (варианты NP и NPK): $N_{42}P_{30}K_6$ и $N_{66}P_{63}K_4$.

Источник: цит. по Малюга Н.Г., 2012

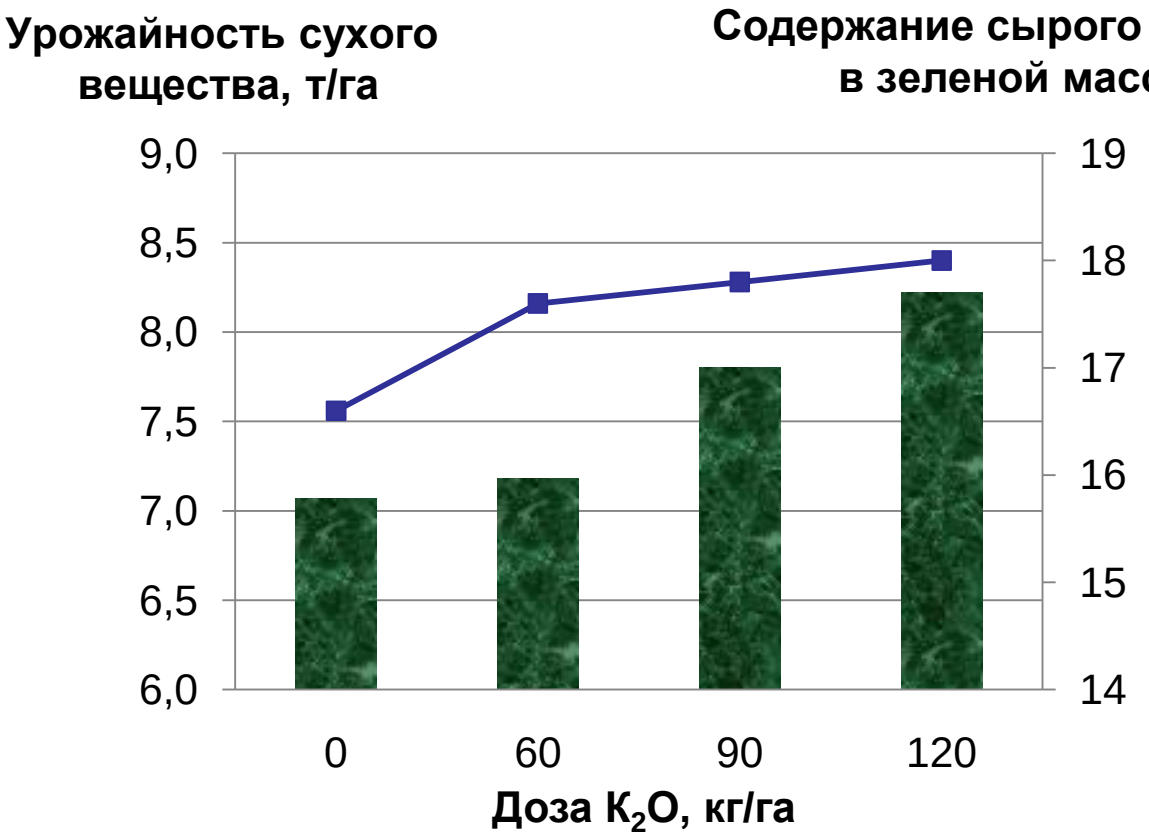
Соя: урожайность и качество

Вариант	Урожай семян, т/га	Прибавка урожая, %	Окупаемость 1 кг K_2O прибавкой урожая, кг/кг	Содержание сырого протеина, %
$N_{60}P_{90}$	1.87	-	-	39.4
$N_{60}P_{90}K_{60}$	2.36	26	8.2	41.2

3-х летние (2000-02) полевые опыты Донского ГАУ на черноземе обыкновенном (Ростовская обл.). Содержание К в контроле (без удобрений) от посева до цветения – высокое (470-500 мг K_2O/кг по Мачигину).

Источник: Е.В. Агафонов и С.А. Гужвин, 2008

Люцерна: урожайность и качество

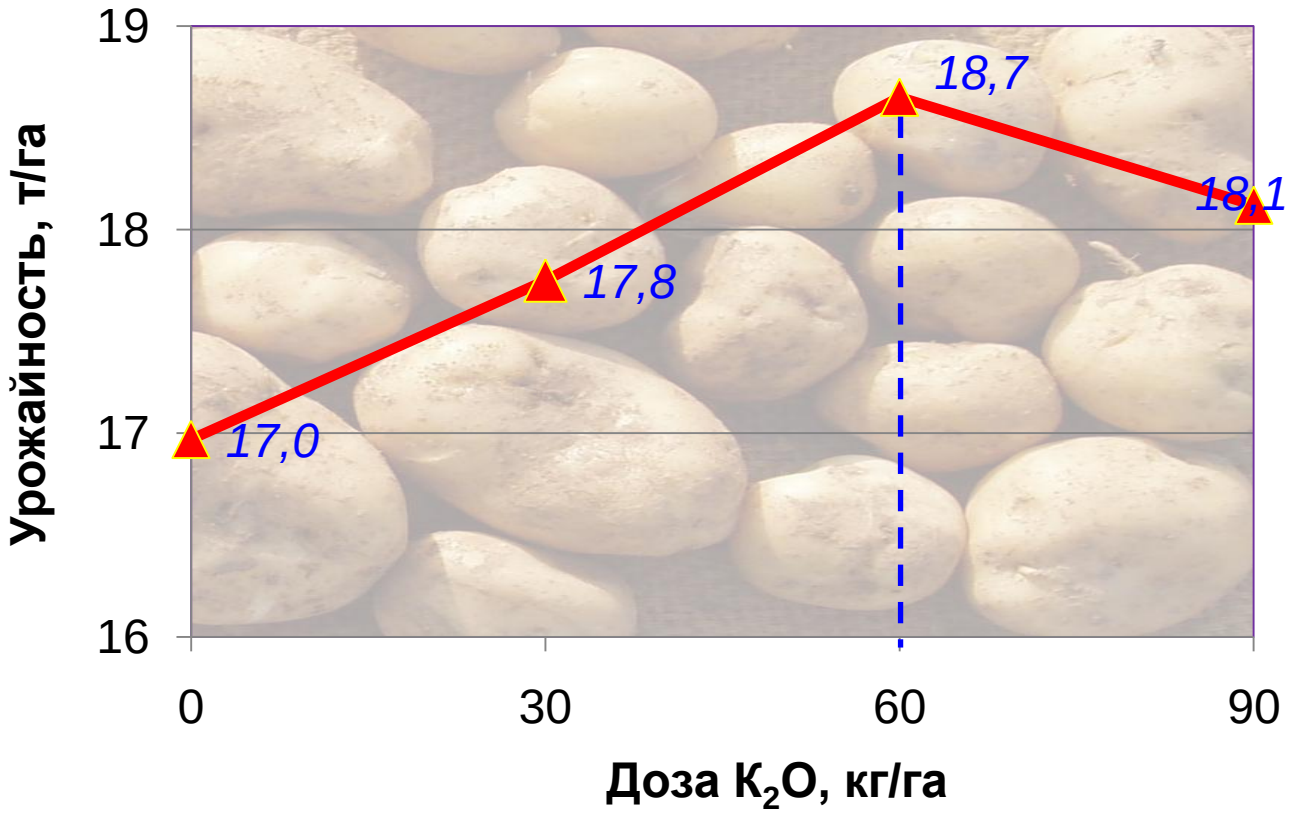


- ✓ При внесении калия повышалось также содержание незаменимых аминокислот, что улучшало биологическую ценность белков люцерны.

3-х летние полевые опыты (2000-03) Белгородского ГУ на черноземе типичном (Белгородская обл.). Фон - P60.

Источник: Е.В. Думачева, И.К. Ткаченко, 2010

Картофель: урожайность



3-х летние полевые опыты (1999-2001) Красноярского ГАУ на черноземе выщелоченном (Красноярский край). Фон - N60P60. Исходное содержание подвижного К – очень высокое (232 мг K_2O/кг по Чирикову). Подвижный К в контроле – 200, обменный – 400 мг K_2O/кг.

Источник: Е.И. Волошин, 2006

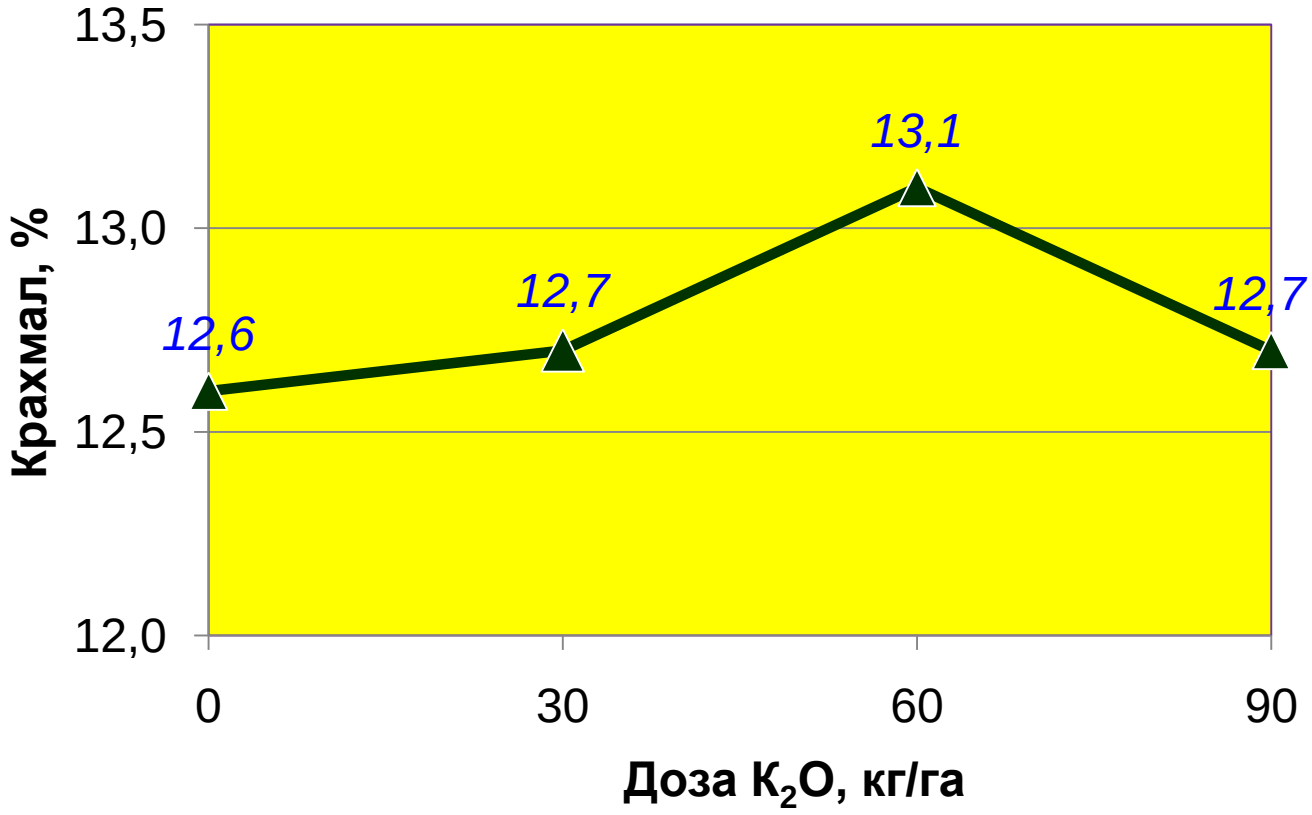
Картофель: размер клубней

Вариант опыта	Масса клубней с одного куста, г			
	всего	крупных, >100 г	средних, >50 г	мелких, <50 г
$N_{60}P_{60}$	444	224	126	95
$N_{60}P_{60}K_{30}$	471	250	139	82
$N_{60}P_{60}K_{60}$	497	267	140	91
$N_{60}P_{60}K_{90}$	427	207	131	89

3-х летние полевые опыты (1999-2001) Красноярского ГАУ на черноземе выщелоченном (Красноярский край).

Источник: Е.И. Волошин, 2006

Картофель: содержание крахмала



3-х летние полевые опыты (1999-2001) Красноярского ГАУ на черноземе выщелоченном (Красноярский край). Фон - N60P60.

Источник: Е.И. Волошин, 2006

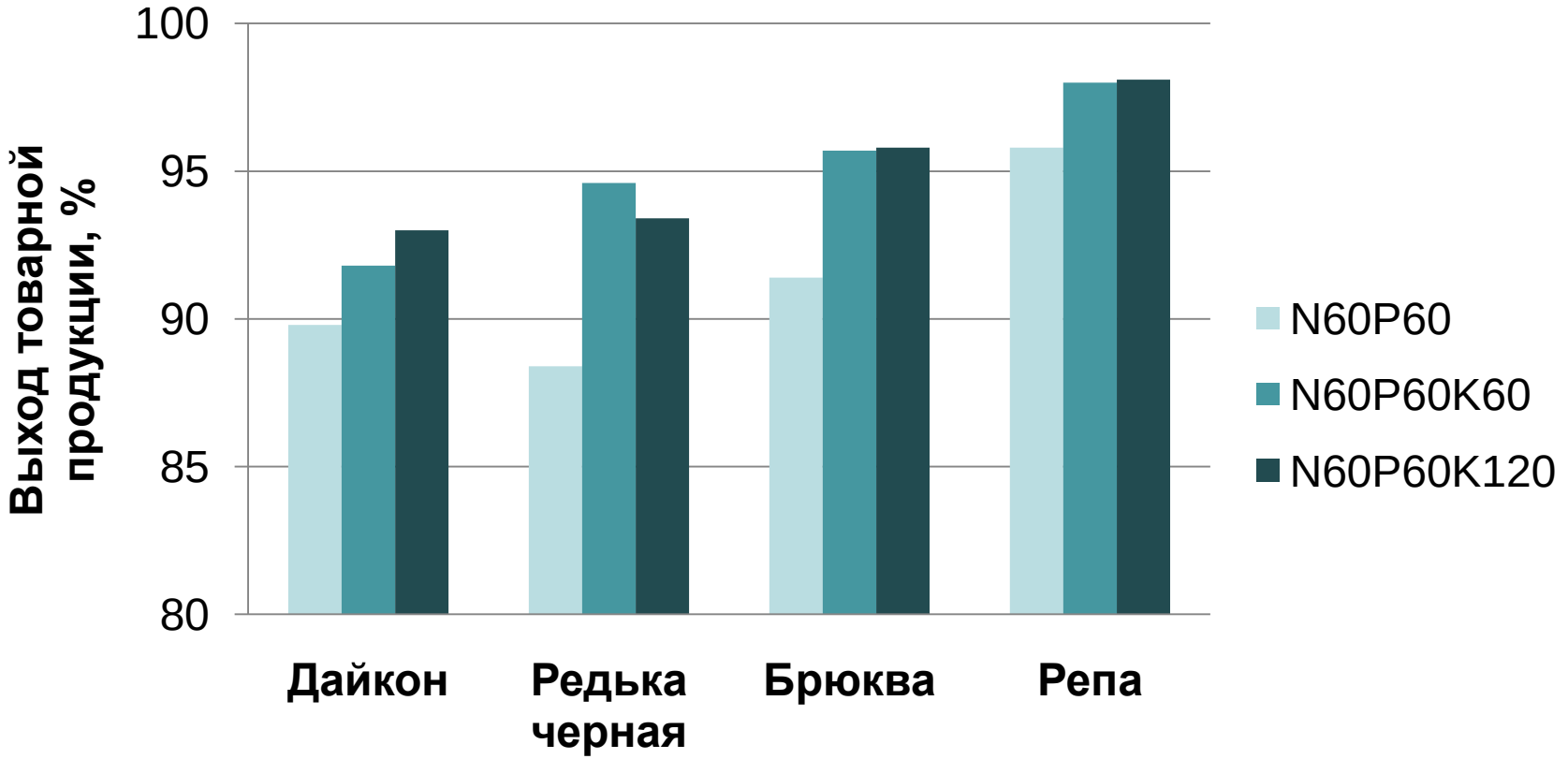
Репа: урожайность и качество

Вариант опыта	Сухое вещество, %	Углеводы, %		Клетчатка, %	Витамин С, мг-%	Нитраты, мг/кг
		глю-коза	диса-хара			
N60P60	8.4	1.3	3.0	0.97	16.2	176
N60P60K60	8.6	1.4	3.2	1.02	18.3	162
N60P60K120	8.7	1.6	3.4	1.11	20.5	112

Полевой опыт ВНИИ овощеводства на аллювиальной почве (Московская обл.). Средние данные за 2007-10 гг. Исходный обменный К – 100-130 мг K_2O/кг почвы (по Масловой).

Источник: В.А. Борисов и др., 2012

Корнеплоды: лежкость



Полевой опыт ВНИИ овощеводства на аллювиальной почве (Московская обл.). Средние данные за 2008-11 гг. Исходный обменный К – 100-130 мг K_2O/кг почвы (по Масловой). Зимнее хранение корнеплодов при 0-1°С. Выход товарной продукции – % к исходной массе продукции.

Источник: В.А. Борисов и др., 2012